

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural
Explotaciones Agropecuarias

Evolución e incidencia de la mejora vegetal en la introducción
de nuevas variedades de trigo blando en diferentes localidades
de la Comunidad Autónoma de Aragón

*Evolution and incidence of plant breeding on the introduction of new wheat
varieties in different localities of the Autonomous Community of Aragón*

Autora

Lucía Arguilé Millán

Directores

Joaquín Aibar Lete

Miguel Gutiérrez López

Pablo Martín Ramos

Resumen

El Centro de Transferencia Agroalimentaria del Gobierno de Aragón, a través de la red del Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos (GENVCE), viene realizando ensayos con trigo blando desde 1985 en diferentes localidades de la Comunidad Autónoma de Aragón: Jaca, Lupiñén, Tauste, Used, Visiedo y Zuera. En el transcurso de estos 34 años, se han evaluado un total de 327 variedades de trigo blando, de las cuales Marius, Soissons e Isengrain han sido empleadas como variedades testigo. El presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivos seleccionar las variedades más productivas de entre las ensayadas e investigar si la mejora vegetal ha tenido una clara influencia en la evolución de la productividad. A través del uso de herramientas estadísticas, se ha estudiado el aumento o disminución del rendimiento para cada localidad de ensayo. Si bien a nivel global se ha registrado un aumento de 44,6 kg/ha y año, se observan tres periodos con mejores datos de rendimiento, entre los que el periodo 2003-2013 es el más destacado, con mejoras de 181,9 kg/ha y año. No obstante, en el estudio individualizado por localidades, se han obtenido resultados dispares –incluso negativos– respecto a la influencia de la mejora vegetal. La localidad de Jaca (secano subhúmedo) destaca por ser aquella en la que mejores resultados se han alcanzado, con un incremento de rendimiento de 110,7 kg/ha y año, mientras que los peores datos registrados, con una disminución en el rendimiento global de 35,9 kg/ha y año, corresponden a la localidad de Used (secano semiárido). Estas diferencias de comportamiento pueden atribuirse a diferencias en las condiciones meteorológicas de cada zona agroclimática, demostrando la importancia de una correcta elección de variedades, optando por material vegetal con mejores adaptaciones a cada zona de estudio, pudiendo ser aconsejable en algunos casos recurrir al empleo de variedades más rústicas. En cuanto a las variables más prometedoras para futuros ensayos, destacan ocho: MULHACEN, FD_03294, SOLVEIG, ATOMO, SOMCA, LUKULLUS, GADES y ALANDALUS.

Palabras clave: Aragón, rendimiento, trigo blando, *Triticum aestivum* L., variedades.

Abstract

The Agrifood Research and Technology Centre of Aragon, through the network of the Group for the Evaluation of New Varieties of Extensive Crops (GENVCE), has been carrying out trials with soft wheat since 1985 in different localities of the Autonomous Community of Aragon: Jaca, Lupiñén, Tauste, Used, Visiedo and Zuera. In the course of these 34 years, a total of 327 varieties of soft wheat have been evaluated, taking Marius, Soissons and Isengrain as control varieties. The present Dissertation aims to select the most productive varieties among those tested and to investigate if plant breeding has had a clear influence on the evolution of yield. Through the use of statistical tools, the increase or decrease of the yield for each trial location was assessed. Although a 44.6 kg/ha and year increase was registered at a global level, three periods with better production data could be identified, among which the 2003-2013 period stood out, with improvements of 181.9 kg/ha and year. However, in the individualized study by localities, different results were obtained, even negative ones, regarding the influence of plant breeding. The best results were attained in the locality of Jaca (dry subhumid climate), with an increase of 110.7 kg/ha and year, while the worst results, with a decrease in yield of 35.9 kg/ha and year, corresponded to the locality of Used (dry semi-arid climate). These differences in behavior can be attributed to differences in the meteorological conditions of each agroclimatic zone, demonstrating the importance of an appropriate varietal choice, with vegetal material adapted to each zone, resorting in some case to the use of more rustic varieties. Regarding the most promising variables for future trials, eight of them stand out: MULHACEN, FD_03294, SOLVEIG, ATOMO, SOMCA, LUKULLUS, GADES and ALANDALUS.

Keywords: Aragón, soft wheat, *Triticum aestivum* L., varieties, yield.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Origen y evolución global de los cereales	1
1.1.1. <i>Evolución del cultivo de cereales en España.....</i>	<i>2</i>
1.1.2. <i>Evolución del cultivo de cereales en Aragón.....</i>	<i>4</i>
1.2. Origen del cultivo de <i>Triticum aestivum</i> L.	5
1.3. Clasificación taxonómica	7
1.4. Descripción botánica	7
1.4.1. <i>Raíz</i>	<i>7</i>
1.4.2. <i>Tallo</i>	<i>7</i>
1.4.3. <i>Hojas</i>	<i>7</i>
1.4.4. <i>Inflorescencia.....</i>	<i>7</i>
1.5. Clasificación y composición del grano de trigo	8
1.6. La mejora genética.....	10
2. Antecedentes y objetivos.....	11
3. Material y métodos	12
3.1. Variedades empleadas en el ensayo	12
3.2. Localización de las parcelas	13
3.2.1. <i>Jaca</i>	<i>13</i>
3.2.2. <i>Lupiñén</i>	<i>15</i>
3.2.3. <i>Tauste</i>	<i>16</i>
3.2.4. <i>Used.....</i>	<i>17</i>
3.2.5. <i>Visiedo</i>	<i>18</i>
3.2.6. <i>Zuera.....</i>	<i>19</i>
3.3. Caracterización agroclimática.....	21
3.4. Análisis estadístico de los datos	22
4. Resultados y discusión	23
4.1. Descripción general de la información objeto de análisis.....	23
4.1.1. <i>Número de variedades ensayadas en cada periodo de tiempo</i>	<i>23</i>
4.1.2. <i>Datos disponibles para cada localización.....</i>	<i>24</i>
4.1.3. <i>Datos disponibles para cada año de ensayo</i>	<i>24</i>
4.2. Análisis del rendimiento de cultivo en función del tiempo y de la localización..	25
4.2.1. <i>Rendimientos alcanzados para cada variedad.....</i>	<i>25</i>
4.2.2. <i>Frecuencias de rendimiento de cultivo por intervalos temporales.....</i>	<i>25</i>
4.2.3. <i>Evolución temporal de los rendimientos de cultivo</i>	<i>26</i>
4.2.4. <i>Distribución de los rendimientos de cultivo en los distintos periodos de estudio</i>	<i>26</i>
4.2.5. <i>Distribución de los rendimientos de cultivo en cada periodo de estudio y localización</i>	<i>28</i>
4.2.6. <i>Dependencia de los rendimientos de la localización</i>	<i>29</i>

4.3. Selección de variedades más prometedoras.....	31
4.3.1. <i>Comparativa de rendimientos de cultivo de las variedades ensayadas en cada periodo frente a las variedades testigo</i>	31
4.3.2. <i>Variedades destacadas</i>	34
4.4. Análisis de la influencia de la mejora vegetal en los rendimientos de cultivo....	36
4.4.1. <i>Análisis de la influencia de la mejora vegetal a nivel global</i>	36
4.4.2. <i>Análisis de la influencia de la mejora vegetal por localidades</i>	37
5. Conclusiones	41
6. Bibliografía	42
7. Anexos	44
7.1. Tabla con las diferentes variedades objeto de estudio	44
7.2. Croquis del diseño experimental empleado en Used.....	50
7.3. Climogramas	51
7.3.1. <i>Climogramas Santa Cilia de Jaca (2010-2019)</i>	51
7.3.2. <i>Climogramas Huesca-Lupiñén (2010-2019)</i>	54
7.3.3. <i>Climogramas Tauste (2010-2019)</i>	57
7.3.4. <i>Climogramas Daroca-Used (2010-2019)</i>	60
7.3.5. <i>Climogramas Monreal Del Campo-Visiedo (2010-2019)</i>	63
7.3.6. <i>Climogramas Zuera (2010-2019)</i>	66
7.4. Análisis de varianza y resumen de las comparaciones múltiples mediante el Test de Tukey.....	69
7.4.1. <i>Análisis de varianza para el factor Grupo de variedad (Periodos de estudio):</i>	69
7.4.2. <i>Análisis de varianza para el factor localización</i>	69
7.4.3. <i>Análisis de varianza para cada Grupo de Variedad (Periodo de estudio) en las diferentes Localidades:</i>	71
7.5. Gráficos adicionales	74

1. Introducción

1.1. Origen y evolución global de los cereales

Los cereales son el grupo de plantas de mayor antigüedad en la historia de la Agricultura y constituyeron el soporte de las primeras civilizaciones (Prats *et al.*, 1969). Siguen siendo de una importancia para la alimentación del ser humano como para la del ganado, ya que tienen un gran aporte de energía y nutrientes. Entre los cereales de mayor producción mundial, se encuentran el maíz, el arroz y el trigo, que abastecen el 80% de la producción total de alimentos. El trigo es el cereal más cultivado en 115 países, siendo los principales productores China, Estados Unidos e India; y cultivándose grandes extensiones del mismo en zonas como Rusia, Canadá, Australia y Argentina (Juárez *et al.*, 2014).

El grano de los cereales, objetivo esencial de la producción, consta de un amplio reservorio de carbohidratos (endospermo o núcleo), una capa proteica de naturaleza albuminoidea (aleurona) y la pared que envuelve el fruto (pericarpio). La capa aleurona es muy importante en los procesos de germinación y que, además, influye en la calidad de los diferentes productos que se obtienen de los cereales. De fácil recolección por la estructura y disposición de la inflorescencia, los granos —una vez que han madurado— son capaces de conservar sus atributos y valor alimenticio por largo tiempo.

Los primeros cereales cultivados han ido sufriendo, a lo largo de los años, diversas y profundas transformaciones, bajo el influjo de una continua selección, ejercida por el ser humano, sobre un material muy dispar. El cúmulo de estas renovaciones progresivas es lo que se denomina domesticación de las plantas (López, 1991). Para la domesticación de las especies, el ser humano introdujo de forma intuitiva cambios que fueron trascendentales en los genomas de cada una de estas especies vegetales. Las perturbaciones genéticas introducidas afectaron a caracteres de interés agronómico elementales, cada uno de ellos dependiente de uno o pocos genes. Caracteres como la germinación uniforme o plantas de porte erecto, entre otros, son los que afectaron de forma severa a la posibilidad de supervivencia en vida libre de la especie domesticada (Olmedo *et al.*, 2001)

Si bien en este Trabajo Fin de Grado el cultivo principal es el trigo blando, a título introductorio, parece procedente conocer la evolución de cereales en España (Figura 1).

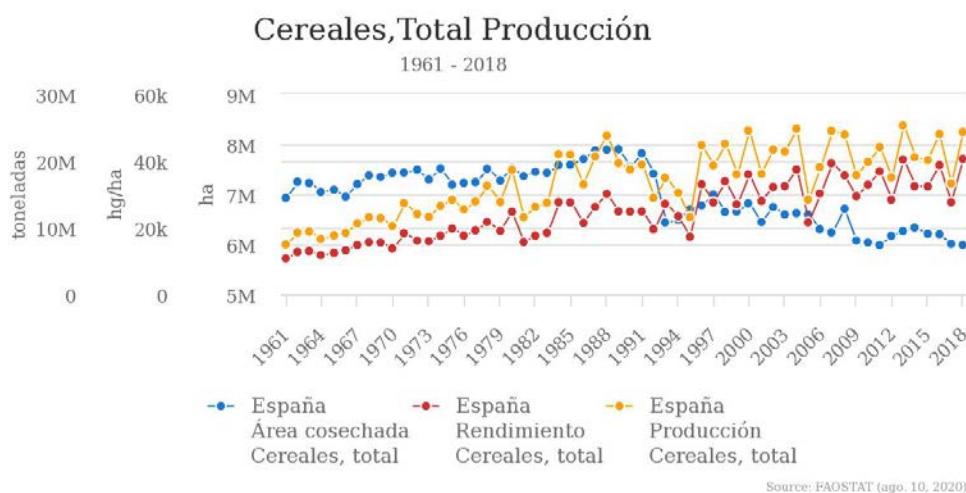


Figura 1. Superficie, rendimiento y evolución de los cereales en España (1961-2018). FAOSTAT 2020

1.1.1. Evolución del cultivo de cereales en España

Ya que en este estudio se recogen datos para trigo blando desde 1985 hasta 2019, a continuación se presenta información relativa al cultivo de cereales en España en el periodo 1985-2018: la evolución de la producción se recoge en la Figura 2, la evolución de los rendimientos en la Figura 3, y la evolución del área cosechada en la Figura 4.

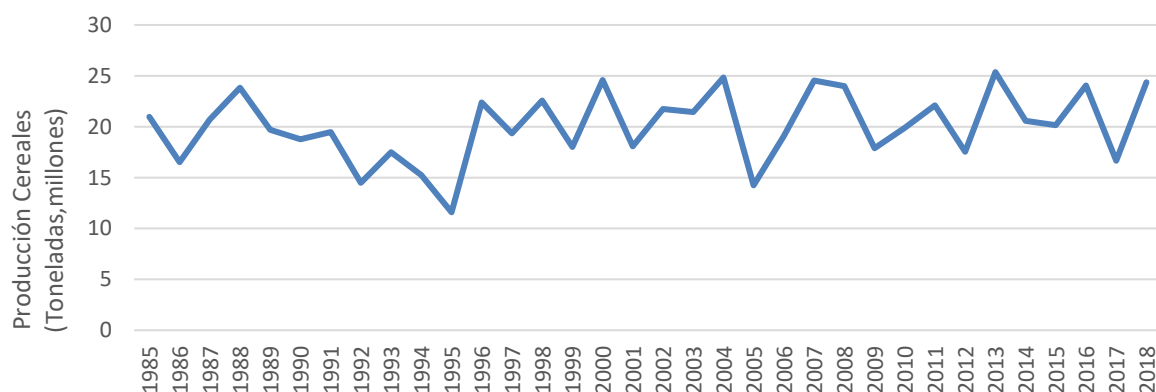


Figura 2. Evolución de la producción de cereales en España durante el periodo 1985-2018. FAO

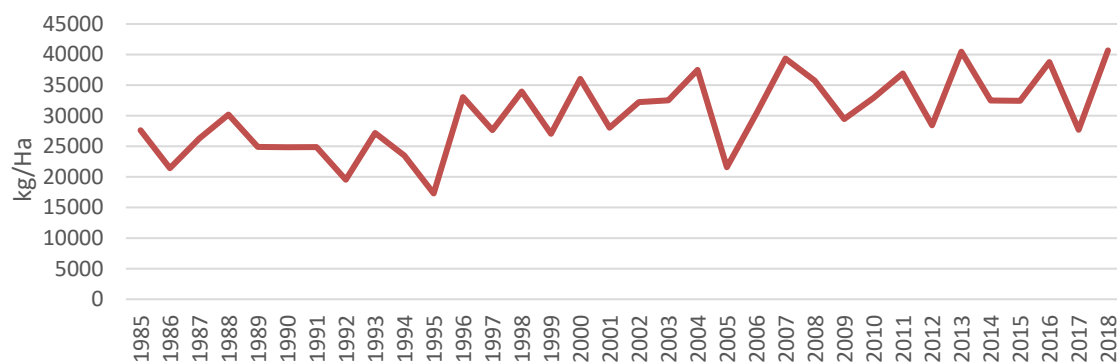


Figura 3. Evolución de los rendimientos en cereales para el periodo 1985-2018. FAO

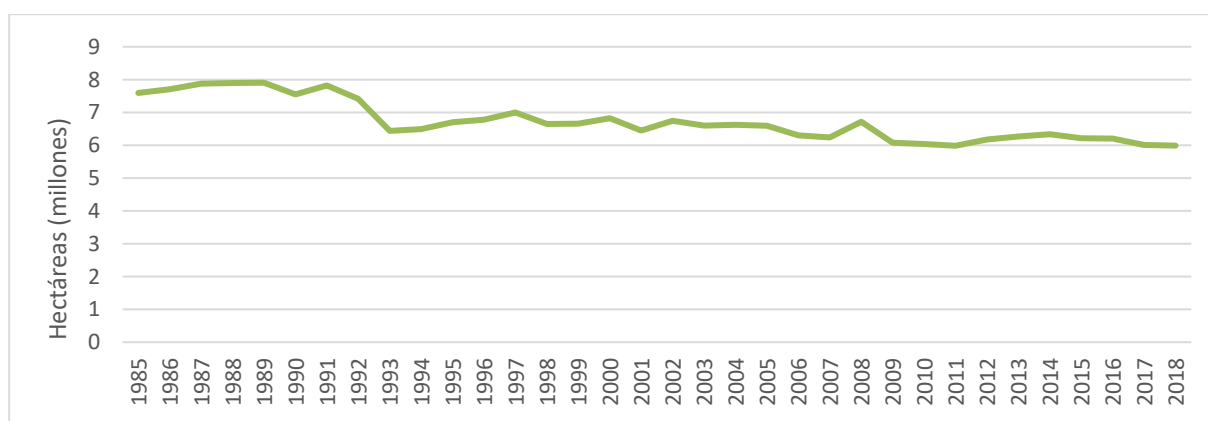


Figura 4. Área cosechada en España de cereales para el periodo 1985-2018

A lo largo de los 34 años que recoge el presente estudio (1985-2019), se aprecia que –pese a las fluctuaciones en la producción en función del año–, la tendencia ha sido creciente. Puesto que el área cosechada se ha ido reduciendo progresivamente con el paso de los años, este aumento de producción se debe al aumento de los rendimientos, parcialmente atribuible a mejoras en el material vegetal, con la introducción de nuevas variedades.

La situación en 2019, no recogida en las figuras anteriores, se resume en la Tabla 1, en la que se puede observar que el cereal de invierno más cultivado ha sido la cebada de dos carreras (con un total de 2.101.430 ha en secano y 354.192 ha en regadío), seguida por el trigo semiduro y blando (con una superficie en secano de 1.661.173 ha y en regadío 257.233 ha). En cuanto al rendimiento obtenido, ha sido mayor en los cultivos de trigo semiduro y trigo blando, alcanzando los 2775 kg/ha en secano y los 5168 kg/ha en regadío.

Tabla 1. Cereales de grado. Resumen nacional de superficie, rendimiento y producción, 2019 (MAPA)

Cultivos	Superficie (hectáreas)			Rendimiento (kg/ha)		Producción (toneladas)	
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	Grano	Paja cosechada
CEREALES DE INVIERNO							
Trigo duro	222.618	44.026	266.644	2.289	4.419	704.086	368.098
Trigo semiduro y blando	1.438.555	213.207	1.651.762	2.775	5.168	5.094.609	2.762.844
TRIGO TOTAL	1.661.173	257.233	1.918.406	2.723	4.956	5.798.695	3.130.942
Cebada de 6 carreras	237.886	29.212	267.098	2.090	3.942	612.425	325.531
Cebada de 2 carreras	2.101.430	324.980	2.426.410	2.476	4.873	6.787.541	3.612.629
CEBADA TOTAL	2.339.316	354.192	2.693.508	2.437	4.796	7.399.966	3.938.160
AVENA	416.105	37.323	453.428	1.617	3.628	808.306	443.427
CENTENO	133.046	5.047	138.093	1.755	3.545	251.324	131.749
ESCAÑA	351	34	385	1.401	2.423	574	188
TRITICALE	230.241	20.541	250.782	2.139	4.092	576.505	301.283
TRANQUILLÓN (mezcla de trigo y centeno)	34.038	1.631	35.669	1.940	3.727	72.117	33.562
OTRAS MEZCLAS DE CEREALES DE INVIERNO	8.029	233	8.262	1.231	3.433	10.685	4.239
CEREALES DE PRIMAVERA							
ARROZ (CÁSCARA)	–	103.367	103.367	–	7.622	787.832	19.069
Maíz híbrido	17.281	328.167	345.448	5.662	12.097	4.067.716	323.795
Otros maíces	1.255	10.122	11.377	4.397	10.988	116.743	4.504
MAÍZ TOTAL	18.536	338.289	356.825	5.576	12.064	4.184.459	328.299
SORGO	2.801	3.759	6.560	2.371	4.921	25.141	10.658
MIJO	873	341	1.214	1.587	3.626	2.622	56
PANIZO	–	–	–	–	–	–	–
ALFORFÓN O TRIGO SARRACENO	94	41	135	1.443	2.705	246	72
ALPISTE	123	5	128	1.423	1.630	183	65
OTROS CEREALES	1.418	1.456	2.874	1.230	2.906	5.974	1.154
TOTAL CEREALES	4.848.975	1.126.737	5.975.712	–	–	19.942.145	8.343.622

[<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>]

1.1.2. Evolución del cultivo de cereales en Aragón

En Aragón, los cereales suponían un elevado porcentaje de la Producción Final Agraria, muy próximo al de un país cerealista como Francia.

Las tres cuartas partes de la superficie cultivada de trigo se localizaban en secano, elevándose esta proporción al 90% para la cebada, representando cerca del 50% y el 80% de la producción de trigo y la cebada, respectivamente (Albisu *et al.*, 1986).

Las superficies de trigo blando se vieron reducidas durante el proceso de entrada en la Unión Europea, como en el resto de España. Sin embargo, en Aragón el proceso fue más acentuado, pasando de representar el 11% de la superficie total en 1980 al 9% en 1984. La disminución de siembra fue notable y parecida en las tres provincias (Zaragoza, Huesca y Teruel).

La cebada para pienso suponía el 83% de la producción, incrementándose las superficies sembradas en Aragón. Los mayores rendimientos se obtenían en secano debido a la aridez del Valle del Ebro (Albisu *et al.*, 1986).

Por otro lado, durante las campañas de 1980-1984, el cultivo de maíz –un cereal ligado al regadío– aumentó en Aragón, pasando de representar el 10% de la superficie total cultivada en 1980 al 14% en 1984. Los rendimientos más altos se localizaban en la provincia de Zaragoza, que también era la que presentaba una mayor superficie cultivada (Albisu *et al.*, 1986).

La diversidad de medidas de intervención que se implantaron por la Política Agraria Común (PAC) condujeron a que los agricultores tomaran sus propias decisiones sobre la planificación de los cultivos, en función de las subvenciones comunitarias a las que podían acceder (Meza, 1997). De este modo, el proceso de planificación pasó a depender de las medidas de intervención contempladas por la PAC, junto con la disponibilidad y características de los factores de producción, así como los recursos naturales, financieros, humanos y un amplio conocimiento de la evolución del mercado anterior (Meza, 1997).

Tomando cifras de los años 1982-2013, según datos obtenidos del Gobierno de Aragón¹, anualmente se cultivaban en España 6.2 millones de hectáreas de cereales de invierno. La superficie cultivada era de 763.000 ha, es decir, un 12,2% de la superficie total del país y un 32% de la superficie total cultivada. En Aragón representan el 42% de la superficie total cultivada.

Los rendimientos medios unitarios del cereal de invierno durante el periodo comprendido entre 1982 y 2013 fueron de 2248 kg/ha en secano y 3962 kg/ha en parcelas con un coeficiente de regadío del 100%. Sin embargo, para la campaña 2015-2016, los rendimientos medios unitarios del cereal de invierno fueron de 2872 kg/ha, mientras que para la campaña 2016-2017 fueron de 2049 kg/ha, una disminución que llevó a estos rendimientos a estar justo por encima de la mediana, como puede verse en la Figura 5.

En la Figura 5 se puede observar también la tendencia de la superficie de cereal de invierno cultivada en Aragón, que muestra pequeñas fluctuaciones a lo largo de los años. Si nos fijamos en las hectáreas de cereal de invierno en secano, se observa una disminución, mientras que el cereal de invierno en regadío ha mostrado un pequeño ascenso. En relación con los rendimientos, encontramos que los obtenidos en regadío han tenido mucha menos variación que los de secano, debido a la mayor dependencia de condiciones climáticas a las que está supeditada la producción en el secano Aragonés.

¹ https://www.aragon.es/documents/20127/674325/MESA_PRODUCION_201710_RESUMEN.pdf/91370bc2-e6a1-434e-2518-75cda8831cf0

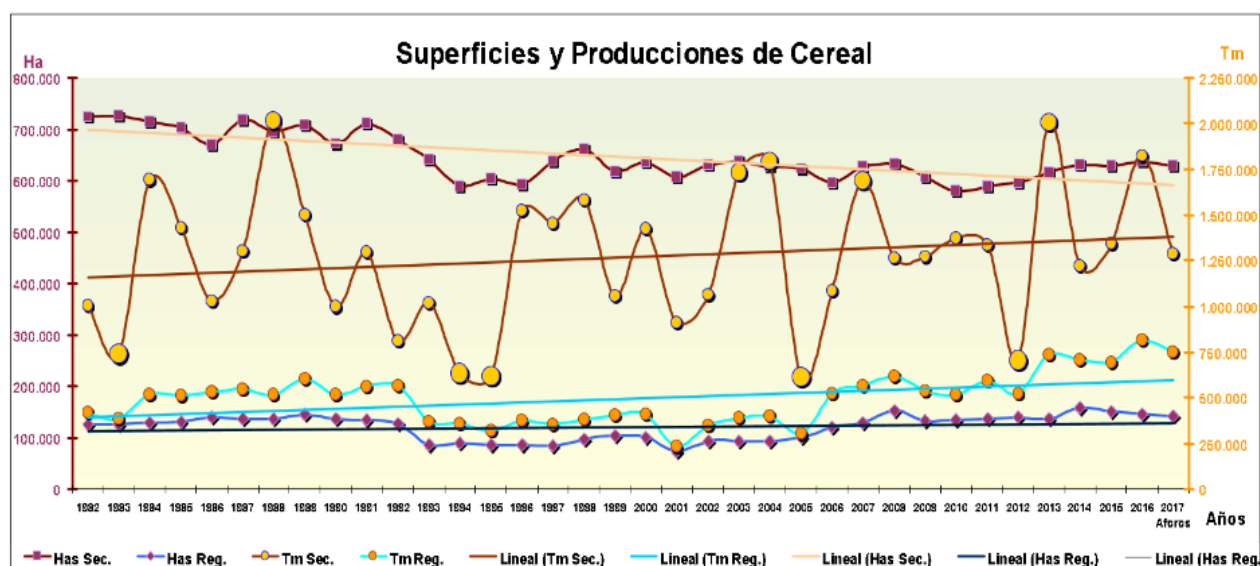


Figura 5. Superficies cultivadas de cereales en Aragón en el periodo 1982-2017. Departamento de Agricultura y Ganadería del Gobierno de Aragón 2017

Las producciones en secano y regadío dependen de las superficies sembradas, de la meteorología y de la tecnología empleada. Lógicamente, las producciones en secano son las más condicionadas por la variabilidad agroclimática. Las campañas 1988 y 2013 fueron las que obtuvieron mayores producciones; otras cosechas como las de 2004, 2003, 2007 y 1984 también fueron muy relevantes; y las campañas de 2012, 2005, 1995, 1994 y 1983 corresponden a años muy secos.

Si bien la combinación de especies cerealistas condiciona la producción total de secano, la interacción localidad \times especie, los precios y las ayudas de la PAC son las que condicionan las siembras. Respecto a la influencia de los cambios de la PAC sobre las siembras, la superficie de regadío disminuyó como consecuencia de las retiradas, a partir de 2006 volvió a aumentar y en 2014 se obtuvieron los datos más elevados (158.451 ha).

El trigo duro fue la especie más beneficiada por las ayudas de la PAC, considerado como un cereal marginal antes de la entrada en la UE. A partir de 1989 las ayudas específicas hicieron que se sembraran 140.000 ha, en 1999 la superficie volvió a aumentar 90.000 ha, llegando en 2004 a cultivarse 235.000 ha. En Aragón, se cultivaban a principios de los años ochenta unas 250.000 ha de trigo blando y a mediados de esa misma década se cultivaron 150.000 ha. A partir de 2010 se cultivaron 40.000-50.000 ha.

En la actualidad, los cereales de invierno (como avena, centeno y triticale) están aumentando sus superficies cultivadas.

1.2. Origen del cultivo de *Triticum aestivum* L.

La palabra “trigo” proviene del latín *Triticum*, cuyo significado es “quebrado”, “triturado” o “trillado”, haciendo referencia al proceso que se sigue para separar la semilla de su envoltura (Juárez et al., 2014).

El trigo es una especie que tiene un amplio rango de adaptación: crece y se desarrolla en ambientes muy diversos, y puede sembrarse tanto en invierno como en primavera, lo que, unido a su gran consumo, ha permitido que se extienda a muchas partes del mundo (Plana et al., 2006).

Es una de las plantas más ampliamente cultivadas del mundo, superando todas las demás especies productoras de semilla, silvestres o domesticadas. Se considera que, cada mes del año, una cosecha de trigo madura en algún lugar del mundo. Es la cosecha de cereal de invierno más importante de los Estados Unidos y Canadá, y crece en extensas zonas en casi todos los países de América Latina, Europa y Asia (Plana *et al.*, 2006).

El término trigo (*Triticum*) se utiliza para designar varias especies (Figura 6), que pueden agruparse en tres grupos naturales que se distinguen por el número básico de cromosomas (7), es decir, hay especies de trigo diploides, tetraploides y hexaploides con una composición cromosómica respectiva de $2n=14$, 28 o 42 cromosomas. Hoy en día, los trigos comerciales pertenecen a las especies *Triticum turgidum* L. (tetraploides) y *Triticum aestivum* L. (hexaploide). A *T. turgidum* pertenecen las variedades de trigo duro o semolero, cuyo principal producto es la pasta y sus derivados; por otro lado, las variedades de *T. aestivum* tiene como principal producto comercial el pan y se denominan variedades de trigo panadero o harinero (Carrillo, 2012).

En cuanto al genomio, se denomina genomio A a los 7 cromosomas básicos de *T. urartu* y genomio B al que proviene de otra especie parental con el mismo número de cromosomas.

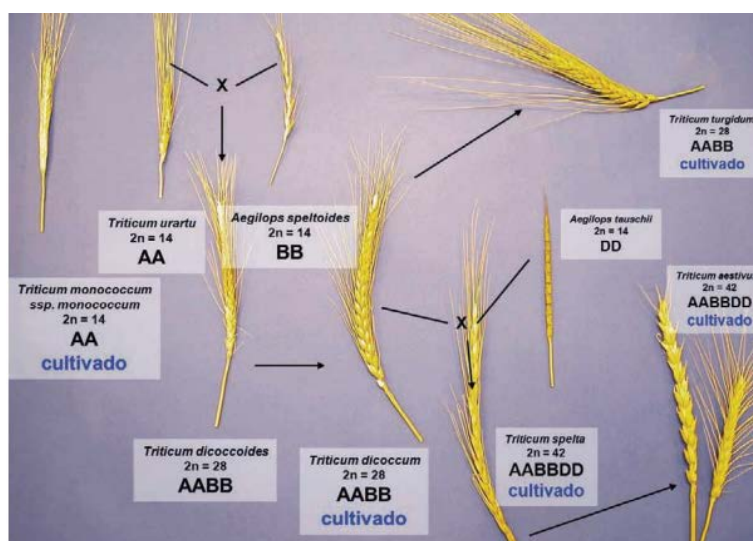


Figura 6. Origen filogenético del trigo (Carrillo, 2012).

Las especies de trigo son productos que han surgido a partir de la hibridación natural de tipos ancestrales y posterior evolución. Los trigos tetraploides surgieron de la duplicación espontánea de los cromosomas del híbrido proveniente del cruzamiento de un trigo diploide, *T. urartu* Thumanjan ex Gandilyan, con otra especie diploide, no existente actualmente o desconocida, de la sección *Sitopsis* del género, *Aegilops* y próxima a *Aegilops speltoides* Tausch (J.M Carrillo, 2012)

Por otro lado, los trigos hexaploides cultivados provienen de la polinización de *T. dicoccum* Schrank ex Schübl. por la especie silvestre *Triticum tauschii* (Coss.) Schmalh., también llamado *Aegilops squarrosa* DC., cuyo genomio recibe el nombre de D. Este híbrido interespecífico dio lugar a la especie cultivada *Triticum spelta* L. y, posteriormente, a otras especies hexaploides cultivadas, de las que las variedades de trigo harinero pertenecen a *T. aestivum* (Carrillo, 2012).

Los trigos más primitivos presentaban, entre otras características, espiguillas que se desprendían fácilmente, así como un raquis que se fracturaba con facilidad, caracteres que favorecían la dispersión de las semillas y que se han ido eliminando con el paso del tiempo y con la selección de material realizada con el cultivo. Otro carácter que se ha ido perdiendo es el de la presencia de granos vestidos, característica que no está presente en los trigos cultivados en la actualidad (Osca *et al.*, 2013)

1.3. Clasificación taxonómica

El trigo blando, como se muestra en la Tabla 2, pertenece a la familia de las gramíneas (*Poaceae*).

Tabla 2. Clasificación botánica (Cruz Montes, 2008).

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Clase	Monocotiledónea
Orden	Glumiflorae
Familia	Gramínea
Tribu	Triticea
Género	<i>Triticum</i>
Especie	<i>aestivum</i>

1.4. Descripción botánica

1.4.1. Raíz

Presenta un sistema radicular denso y fasciculado, la forma de la cabellera es muy abundante cuando alcanza su desarrollo máximo. Una vez que la semilla de trigo a germinado, se producen lo que se denomina raíces temporales. Las raíces permanentes nacen después que emerja la planta en el suelo, estas nacen con los nudos que sostiene la planta en la absorción del agua y nutrientes del suelo hasta que madura. (Scheeren et al., 2015).

1.4.2. Tallo

Es recto, erguido y generalmente suele ser hueco, aunque algunas especies presentan un número variable de entrenudos. (Scheeren et al., 2015).

1.4.3. Hojas

Son alternas, rectinervas y envainadoras por su porción inferior o vaina que recubre la parte del tallo que se encuentra a su altura. En cada nudo nace una hoja, esta se compone de vaina y limbo o lámina, entre estas dos partes existe una parte que recibe el nombre de cuello de cuyas partes laterales salen unas prolongaciones que se llaman aurículas y entre la separación del limbo y el tallo existe una parte membranosa que recibe el nombre de lígula. El limbo tiene una longitud que varía de 15 a 25 cm de largo y de 0.5 a 1 cm de ancho. (Scheeren et al., 2015).

1.4.4. Inflorescencia

La inflorescencia del trigo () es una espiga compuesta, que está formada por espiguillas alternas y opuestas al raquis. Cada espiguilla puede contener entre 2 a 9 flores. Generalmente las flores superiores son estériles y en la base de la espiga se encuentran dos brácteas llamadas glumas que protegen las flores de la espiguilla. La gluma es una característica importante para diferenciar diferentes especies (Scheeren et al., 2015).

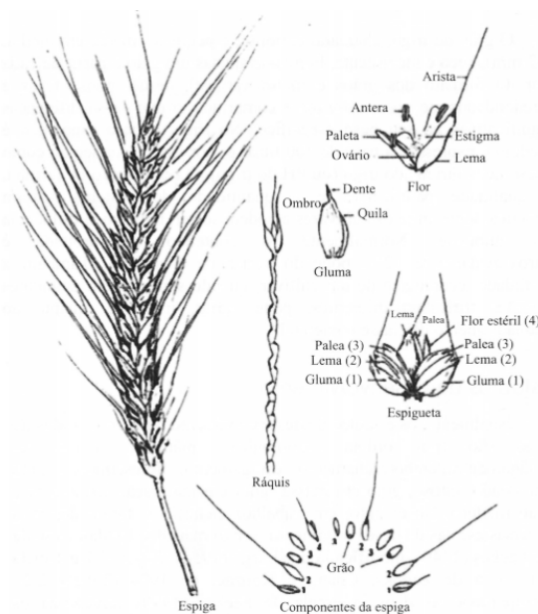


Figura 7. Espiga de trigo y sus componentes (Scheeren *et al.*, 2015).

Cada flor está compuesta por la lema, que puede tener borde o no, y la palea, estructuras encargadas de proteger la flor, ya que, entre estos dos se encuentra el gineceo constituido por el ovario, estilo y estigma y por el androceo, formado por tres estambres y tres anteras, (Scheeren *et al.*, 2015).

En la antesis, después de la fecundación, las flores se abren y expulsan las anteras ya fecundadas, fenómeno conocido como fecundación autógama. Mediante estas estructuras comienza la formación del grano. (Scheeren *et al.*, 2015).

1.5. Clasificación y composición del grano de trigo

El trigo se clasifica de acuerdo a la estación de cultivo, color, dureza, textura del endospermo y el contenido de proteínas.

La dureza del trigo está relacionada con la forma en la que el endospermo se rompe, y es lo que le proporciona la calidad harinera, ya que cuanto mayor dureza tiene, mayor es el contenido en proteínas.

El trigo está formado por tres partes principales: endospermo, salvado y germen (Figura 8 y Figura 9). La mayor parte del salvado lo constituye el pericarpio, formado por la epidermis, el epicarpio y el endocarpio. Entre el salvado y el endospermo se encuentra la capa de la aleurona, que –como se ha mencionado más arriba– juega una función muy importante en el desarrollo del embrión. El endospermo, considerado como depósito del embrión, constituye el 82% del peso del grano (Juárez *et al.*, 2014). La textura del endospermo puede ser vítrea o harinosa, en la primera los granos son traslúcidos, por el contrario, los granos de fractura harinosa son opacos a la luz y al fracturarse muestran endospermos opacos de color blanco (Osca *et al.*, 2013). El carácter vítreo o harinoso de los granos es un carácter hereditario, aunque muy influenciado por las condiciones ambientales (Osca *et al.*, 2013).

El grano de trigo es una cariósipide, fruto que contiene una única semilla cuyos tegumentos se encuentran íntimamente unidos a los tegumentos del fruto. En los granos denominados “grano vestido”, la cariósipide queda cubierta por los envoltorios florales al cosechar el grano. Por otro

lado, los trigos con “grano desnudo”, las envolturas se desprenden de la cariósida, siendo éstos, los que más predominan en la actualidad (Osca *et al.*, 2013).

Los granos tienen forma variable según las diferentes especies y variedades, pudiendo ser elípticos, ovoides, ovalados, redondeados y oblongos y la longitud puede variar entre 7 y 9 mm (Osca *et al.*, 2013).

Por otro lado, el color del grano también es una característica varietal que varía desde granos blancos a granos fuertemente coloreados, en los que predomina el rojo, rojo oscuro y castaño (Osca *et al.*, 2013).

La región o las condiciones de la misma son un condicionante en la composición final del grano de trigo al igual que el año de cosecha. La calidad y la cantidad de nutrientes dependen de las especies de los trigos que influirán en sus propiedades nutritivas y funcionales (Juárez *et al.*, 2014).

Del mismo modo, la pureza, genética, sanidad y calidad física del grano son importantes para la comercialización del trigo harinero. El ambiente puede llegar a influir en los parámetros físicos del mismo (Olán *et al.*, 2012).

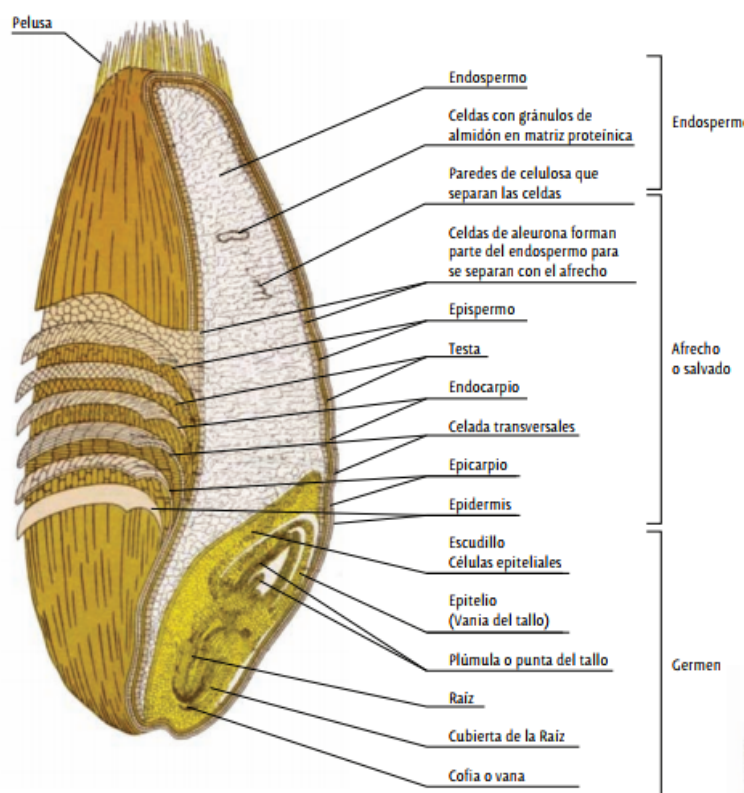


Figura 8. Estructura de un grano de trigo (Juárez *et al.*, 2014).

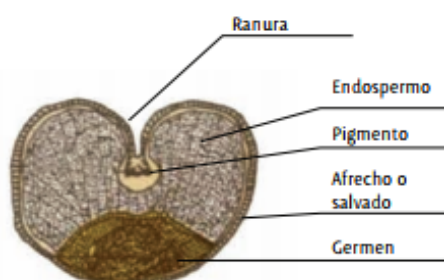


Figura 9. Estructura de un grano de trigo (Juárez *et al.*, 2014).

1.6. La mejora genética

Según la Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura (FAO), el trigo es uno de los tres cereales más cultivados en el mundo y el más consumido por el ser humano. Otra parte importante se destina a la alimentación animal, aunque la propiedad más importante del trigo es la capacidad de cocción de su harina, característica que permite la panificación, constituyendo un alimento básico para el hombre. Este consumo hace que muchas empresas se dediquen a la investigación y desarrollo de nuevos productos, adaptados a las necesidades exigidas hoy en día por el ser humano. Un enfoque para su mejora consiste en recurrir a la utilización de material vegetal con características de resistencia genética frente a diversos problemas que presentan los cereales de invierno.

En la actualidad es cada vez más difícil obtener, por mejoramiento genético, incrementos en el rendimiento de grano de trigo. Son comunes los incrementos entre un 5 y un 10% en las líneas experimentales o en las nuevas variedades de trigo obtenidas con los métodos de mejoramiento tradicionales. Si bien la selección recurrente no es un método nuevo de mejoramiento genético, su aplicación en plantas autógamias es poco frecuente. Mediante selección recurrente es posible aumentar la frecuencia de genes que son más deseados en caracteres cuantitativos en una población, sin pérdidas significativas de la variabilidad genética, con la ventaja de que el límite de la selección no está determinado por el genotipo de una sola planta, sino por la combinación de genes distribuidos en un conjunto de plantas (Solís *et al.*, 2002).

En selección recurrente se trabaja con poblaciones de amplia variabilidad genética, en las cuales es posible obtener genotipos recombinantes excelentes. Se ha demostrado que este procedimiento es efectivo en el mejoramiento de caracteres cuantitativos, tanto para autógamias como autógamias. Este sistema, usado con éxito, incrementa el rendimiento de grano de trigo harinero de invierno, trigo harinero de primavera y trigo duro (Solís *et al.*, 2002).

Es fundamental que los futuros incrementos en la producción de trigo se establezcan en el mejoramiento del potencial del rendimiento de las nuevas variedades y no en un aumento del área de cultivo. También es anhelado, y en muchos casos vital, el desarrollo de variedades con buena calidad de panificación, pues incrementar el potencial de rendimiento sin disminuir la calidad de panificación es complicado, particularmente si se considera que los aumentos en el rendimiento del grano van generalmente acompañados de una pérdida en el contenido de proteína y, consecuentemente, en una reducción en la calidad panadera del cereal. Para que se manifieste la calidad de panificación de una variedad se necesita de un mínimo de proteína en el grano. Los incrementos en la proteína son viables durante el cultivo comercial del trigo, y dependen principalmente de la eficiencia de los métodos de fertilización nitrogenada, así como de otros factores influyentes en el tipo de siembra. Una consideración adecuada al mejoramiento simultáneo del rendimiento y de la calidad y al manejo comercial del cultivo permitirá equilibrar el efecto negativo en la calidad panadera que resulta de la obtención de altos rendimientos (Peña *et al.*, 1998)

A la hora de seleccionar una variedad, son varios los criterios a tener en cuenta: tipo de grano y características del mismo, alternitud, precocidad, altura, resistencia al encamado, rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades (Osca *et al.*, 2013), características que –por otro lado– definen la calidad del producto final.

Todo factor controlado genéticamente que sea medible y que se relacione directamente con la calidad del grano puede ser modificado por medio del fitomejoramiento. Para ello, es preciso emplear metodologías que permitan determinar las características deseadas del grano (Peña *et al.*, 1998).

En el caso particular del trigo, la evolución positiva del mejoramiento genético y, a su vez, de las técnicas culturales a través de la difusión de variedades que presenten un alto potencial productivo, ha conducido a incrementos notables en los rendimientos. En la Figura 10 se muestra una parcela de ensayos varietales en la localidad de Zuera.



Figura 10. Parcela de diferentes ensayos de cereales en Zuera, campaña 2017. (Gutiérrez, 2017)

2. Antecedentes y objetivos

El Centro de Transferencia Agroalimentaria (CTA) del Gobierno de Aragón, a través de la red del Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos (GENVCE), ha realizado ensayos con todas las variedades de trigo blando registradas en España durante los últimos 35 años (1985-2019), abarcando un total de 327 variedades.

A raíz de mi participación en campañas de cosecha para las siembras varietales del 2017 y en las siembras para la campaña del 2018, se han puesto a mi disposición los datos de rendimientos de cultivo de esas variedades recopilados desde 1985. Dichos datos se han analizado de forma anual y aislada para cada tipo de localidad., a fin de analizar la incidencia que han tenido en el rendimiento desde una perspectiva plurianual.

El objetivo general del TFG es el estudio del comportamiento productivo de 327 variedades de trigo blando en diferentes localidades de Aragón con condiciones climáticas bien diferenciadas (secano subhúmedo, secano subhúmedo de la Hoya de Huesca, regadío de las Cinco Villas, secano semiárido, secanos árido y regadío del Valle del Ebro). Como objetivos específicos se plantean: (1) seleccionar las variedades más prometedoras en términos de producción para futuros ensayos; (2) analizar el aporte de la mejora vegetal en los rendimientos obtenidos.

3. Material y métodos

3.1. Variedades empleadas en el ensayo

Se han realizado ensayos con variedades de *Triticum aestivum* L. Durante las campañas de 1985-2019 se han evaluado, un total de 327 variedades, de las cuales 3 se han empleado como variedades testigo (recogidas en el grupo 5 de este ensayo: Isengrain, Marius y Soissons). La variedad Marius fue la primera en ser utilizada como testigo, con un total de 120 ensayos. A continuación, en 1990, se introdujo Soissons (Figura 11), con un total de 108 ensayos. La tercera, Isengrain, se ha empleado en 99 ensayos.

En el Anexo 7.1 se recoge el listado de las variedades objeto de estudio, con su año de introducción y el número de ensayos en que han sido empleadas.



Figura 11. Variedad Soissons empleada como testigo en los ensayos de las diferentes localidades

Todos los ensayos han tenido un diseño experimental similar, en bloques al azar, línea columna latinizado, con cuatro repeticiones y parcelas elementales de $14 \times 1.20 \text{ m}^2$.

Las parcelas de ensayo se manejaron de forma similar a las establecidas en las zonas de producción en cuanto a labores, abonado, tratamientos herbicidas, etc. La recolección se efectuó con una micro cosechadora de 1,20 m de corte, como se muestra en la Figura 12.

En el Anexo 0 se recoge un croquis típico, latinizado, con cuatro repeticiones de trigo blando para la localidad de Used.

Todas parcelas de ensayo han sufrido a lo largo de los años las rotaciones adecuadas para conseguir un mejor aprovechamiento de los recursos, permitiendo también el descanso de la tierra y, fomentando la diversificación de otros cultivos, como las proteaginosas, oleaginosas y leguminosas



Figura 12. Micro-cosechadoras del Centro de Transferencia Agroalimentaria

3.2. Localización de las parcelas

3.2.1. Jaca

Jaca es un municipio de la provincia de Huesca, capital de la comarca de La Jacetania, situada al norte de la provincia, en el valle de Aragón. La ciudad, situada a 818 msnm, está emplazada en la depresión de la Canal de Berdún, sobre una terraza fluvio-glacial en la margen izquierda del río Aragón a la salida del valle de Canfranc. Cuenta con una superficie total de 20.984,71 ha, de las cuales 12.622,57 ha son superficie agrícola utilizada y 7.470,17 ha corresponden a tierras labradas.

Según analíticas llevadas a cabo en el último año, la parcela de ensayo presenta las características edáficas que se detallan a continuación:

- La textura franco-arcillo-limosa es de tipo fino (muy pesado), con alta capacidad de retención de agua y nutrientes, alta compacidad, baja permeabilidad y dificultad de laboreo y de penetración del sistema radicular de las plantas. La presencia de limo fino, puede acentuar los problemas de manejo de estos suelos en cuanto a circulación de agua y aireación.
- La relación del suelo (pH) es moderadamente básica.
- La prueba de salinidad indica niveles ligeramente altos de sales solubles.

Respecto a la climatología de la zona, en la Figura 13 se presentan datos de temperaturas y precipitaciones para el periodo comprendido entre 2010-2019. En el Anexo 7.3.1 podemos encontrar los climogramas de las diferentes campañas de ensayo para la localidad Santa Cilia de Jaca, estación pluviométrica más próxima a la parcela de ensayo.

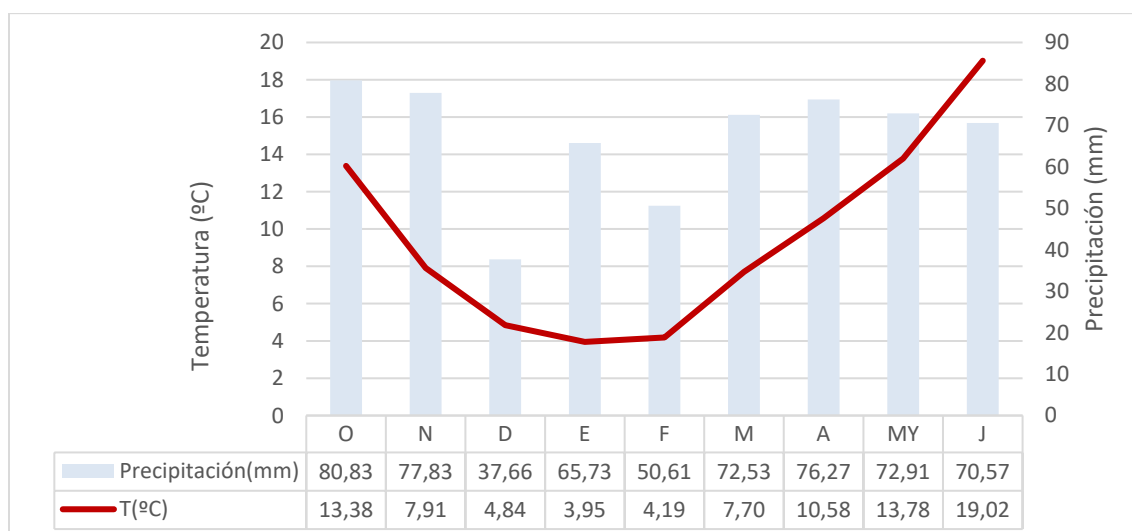


Figura 13. Datos de temperatura y precipitaciones en el periodo 2010-2019 en Santa Cilia de Jaca. Fuente: Oficina del Regante.

Los datos pluviométricos globales para el periodo 1981-2010 se presentan en la Figura 14.

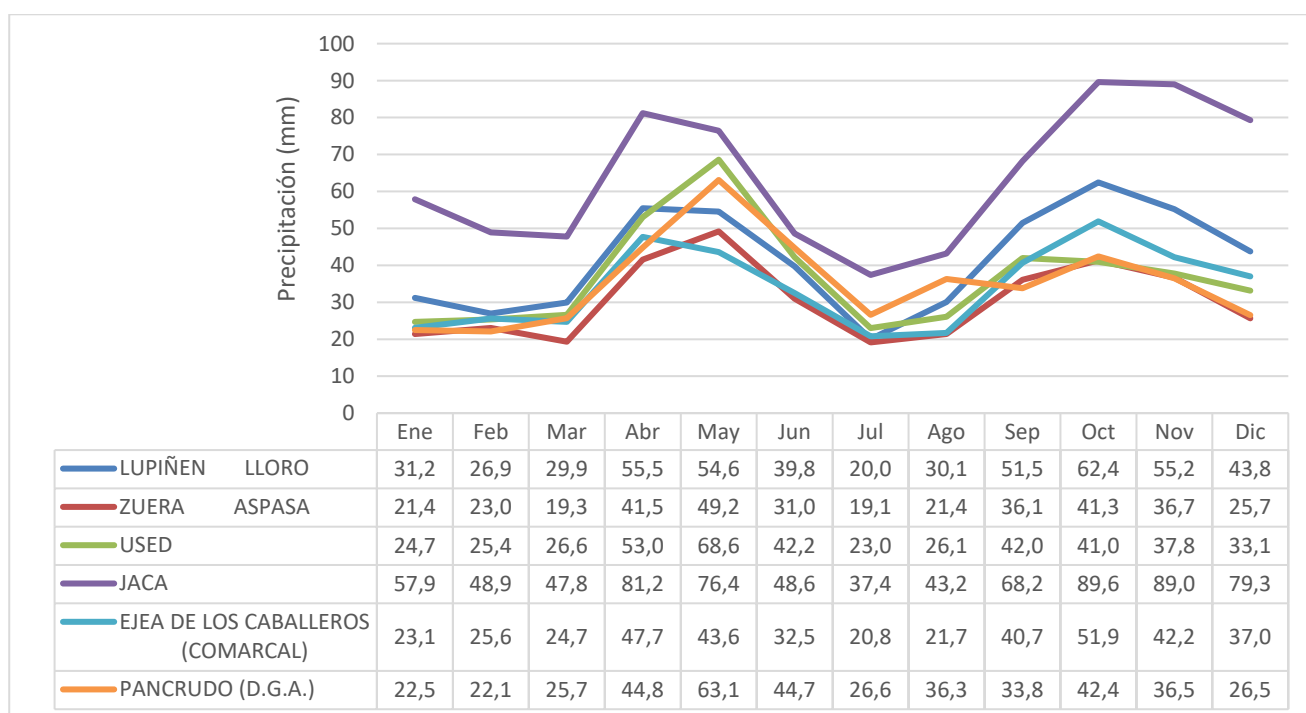


Figura 14. Precipitaciones medias mensuales para cada localidad en el periodo 1981-2010. Fuente: Instituto Aragonés de Estadística. Debido a la ausencia de estación meteorológica en Visiedo, se ha usado de referencia el municipio de Pancrudo, por su proximidad con la localidad de ensayo. De igual modo, para los datos de precipitación obtenidos en Tauste, se han tomado de referencia para este periodo de estudio los valores de precipitación de Ejea de Los Caballeros.

Las coordenadas SIGPAC de la parcela (Figura 15) son las siguientes:

- Provincia 22, Municipio 178, Agregado 142, Polígono 2, Parcela 4
- Coordenadas UTM: X: 710468,37; Y:4715234,31; DATUM: WGS84; HUSO :30



Figura 15. Localización de la parcela de ensayo en Jaca. SIGPAC

3.2.2. Lupiñén

Lupiñén es un municipio de la provincia de Huesca, encuadrado en la Comarca de la Hoya de la Huesca, a una altitud de 438 msnm. Cuenta con una superficie total de 8.133,99 ha, de las cuales 7.957,28 ha son superficie agrícola utilizada y 7.761,52 ha corresponden a tierras labradas.

A diferencia de Jaca, Lupiñén cuenta con una textura del suelo franca, constituyendo la combinación óptima de arena, limo y arcilla. Tierra fácil de trabajar, con una buena capacidad de retención de humedad, de nutrientes y menos propensa a la compactación. La reacción del suelo (pH) es moderadamente básica, normales en suelos carbonatados. La prueba de salinidad, indica niveles “ligeramente altos” de sales solubles.

Debido a la falta de datos pluviométricos y de temperatura en el municipio de Lupiñén, se ha procedido a realizar el climograma con los datos obtenidos de la estación ubicada en Huesca, a 17 km (Figura 16). Los climogramas de las diferentes campañas de ensayo se recogen en el Anejo 7.3.2.

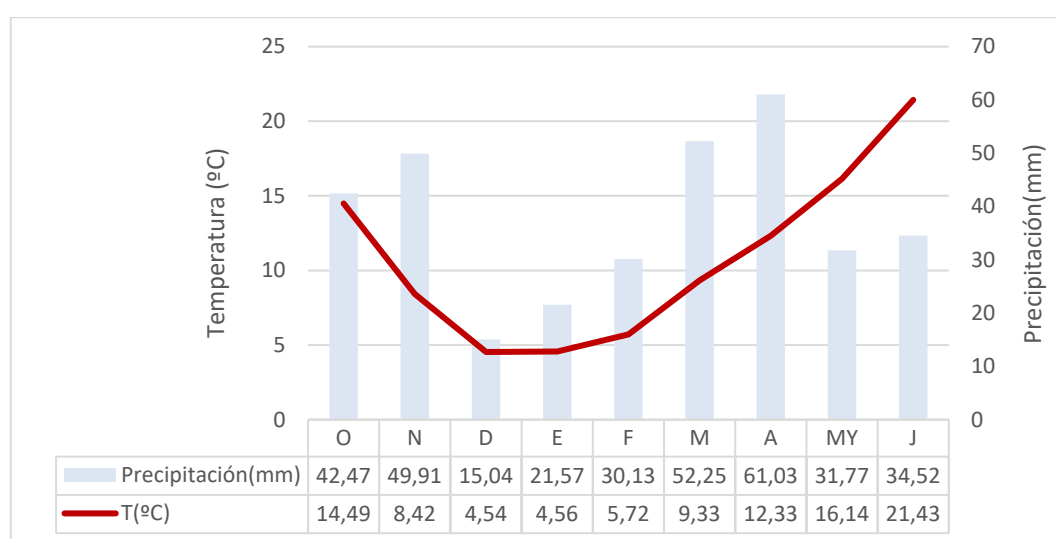


Figura 16: Datos de temperatura y precipitaciones en el periodo 2010-2019 en Huesca. Fuente: Oficina del Regante.

Las coordenadas SIGPAC de la parcela (Figura 17) son las siguientes:

- Provincia 22, Municipio 208, Agregado 0, Polígono 204, Parcela 23
- Coordenadas UTM: X: 698210,34; Y: 4670624,26; DATUM: WGS84; HUSO :30



Figura 17. Localización de la parcela de ensayo en Lupiñén. SIGPAC

3.2.3. Tauste

Tauste es un municipio de la provincia de Zaragoza, emplazado en el Valle del Ebro (a una altitud de 267 msnm) y perteneciente a la comarca de las Cinco Villas. Cuenta con una superficie total de 29.073,95 ha, de las cuales 27.570,00 ha son superficie agrícola utilizada y 24.300,53 ha corresponden a tierras labradas.

La parcela cuenta con una textura franco-arcillo-arenosa y, al igual que en Lupiñén, la reacción del suelo (pH) es moderadamente básica, normal en suelos carbonatados.

En la Figura 18 se resumen los datos termopluviométricos para las campañas desde 2010 hasta 2019 en esta localidad. Los climogramas de las diferentes campañas de ensayo se recogen en el Anejo 7.3.3.

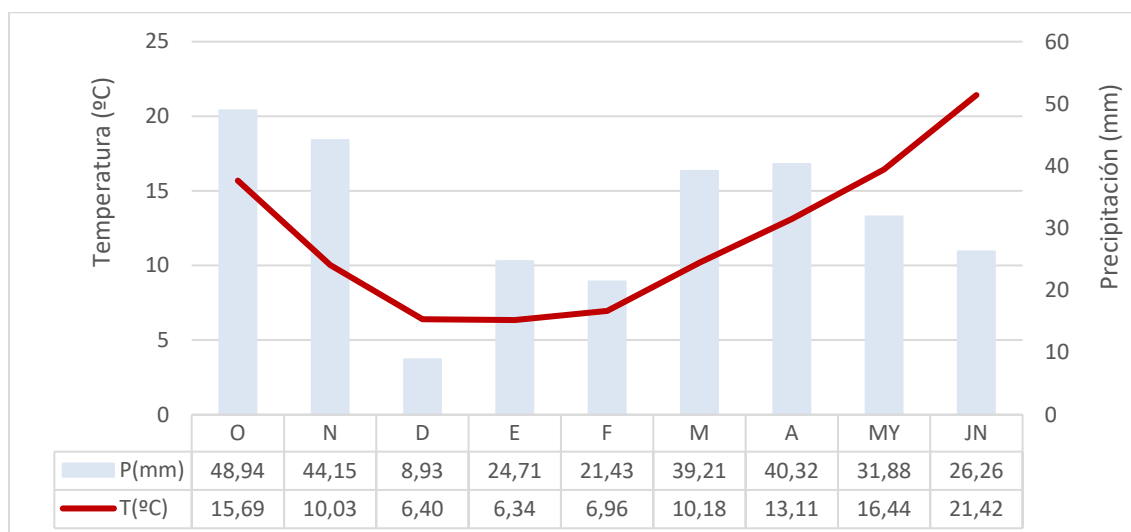


Figura 18. Datos de temperatura y precipitaciones en el periodo 2010-2019 en Tauste. Fuente: Oficina del Regante.

Las coordenadas SIGPAC de la parcela (Figura 19) son las siguientes:

- Provincia 50, Municipio 255, Agregado 0, Polígono 1, Parcela 85
- Coordenadas UTM: X: 643564,39; Y: 4641221,69; DATUM: WGS84; HUSO: 30



Figura 19. Localización de la parcela de ensayo en Tauste. SIGPAC

Es preciso destacar la parcela tiene un coeficiente de regadío del 100% y mantiene el riego a manta.

3.2.4. *Used*

Used es una localidad de la provincia de Zaragoza, perteneciente a la comarca del Campo de Daroca, al pie de la sierra de Santa Cruz, situada a 1050 msnm. Cuenta con una superficie total de 6.450,43 ha, de las cuales 6.226,15 ha son superficie agrícola utilizada y 5.393,87 ha corresponden a tierras labradas.

El suelo en la parcela de estudio presenta una textura franco-arcillosa de tipo fino, mayormente conocido como suelo pesado, confiere una capacidad de alta retención de humedad y nutrientes, y, puede dar lugar a una baja permeabilidad. La relación del suelo (pH) es moderadamente básica. La prueba de salinidad indica niveles “ligeramente altos”.

Los datos termopluviométricos que se recogen a continuación (Figura 20) corresponden a la estación meteorológica más cercana, ubicada en Daroca, a menos de 17 km. Los climogramas de las diferentes campañas de ensayo se recogen en el Anejo 7.3.4.

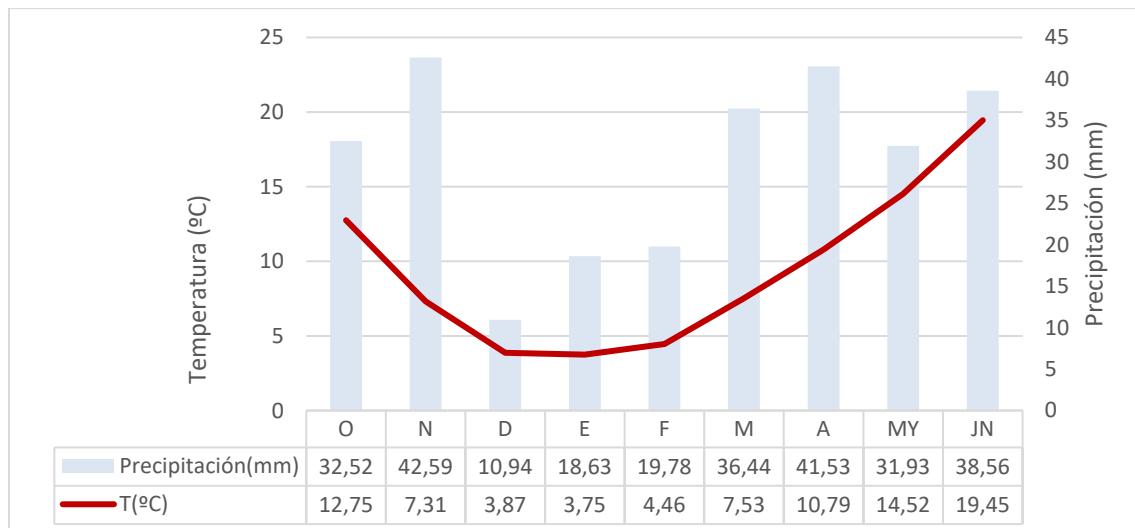


Figura 20. Datos de temperatura y precipitaciones en el periodo 2010-2019 en Daroca. Fuente: Oficina del Regante.

Las coordenadas SIGPAC de la parcela (Figura 21) son las siguientes:

- Provincia 50, Municipio 276, Agregado 0, Polígono 7, Parcela 19
- Coordenadas UTM: X: 621819,19; Y:4545820,07; DATUM: WGS84; HUSO :30



Figura 21. Localización de la parcela de ensayo en Used. SIGPAC

3.2.5. Visiedo

Visiedo es una localidad de la provincia de Teruel, perteneciente a la comarca de Comunidad de Teruel. Ubicada a 1185 msnm, cuenta con una superficie total de 5.425,16 ha, de las cuales 4.613,96 ha son superficie agrícola utilizada y 3.681,98 ha corresponden a tierras labradas.

La textura de esta parcela de ensayo es arcillosa, de tipo fino y suelo pesado, que, al igual que en Used, confiere una alta capacidad de retención de humedad y nutrientes y puede dar lugar a una baja permeabilidad.

En la Figura 22 se reflejan los datos pluviométricos y de temperaturas obtenidos de la estación más cercana a Visiedo (Monreal del Campo), debido a la falta de datos en este municipio para el periodo de estudio. Los climogramas de las diferentes campañas de ensayo se recogen en el Anejo 7.3.5.

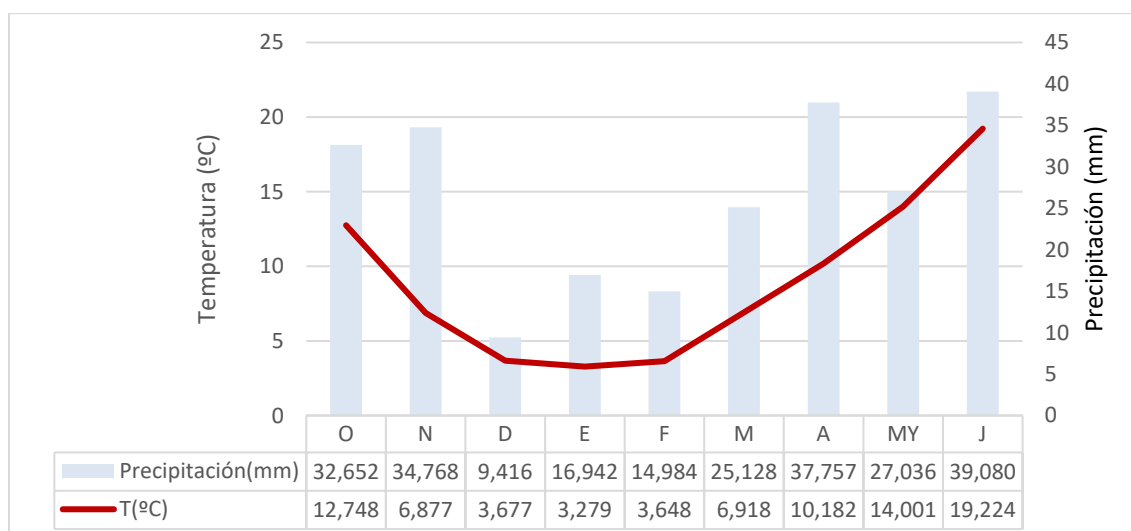


Figura 22. Datos de temperatura y precipitaciones en el periodo 2010-2019 en Monreal del Campo. Fuente: Oficina del Regante.

Las coordenadas SIGPAC de la parcela (Figura 22) son las siguientes:

- Provincia 44, Municipio 280, Agregado 0, Polígono 15, Parcela 25
- Coordenadas UTM: X: 6633418,68; Y:4503691,16; DATUM: WGS84; HUSO :30



Figura 23. Localización de la parcela de ensayo en Visiedo. SIGPAC

3.2.6. Zuera

Zuera es una localidad de la provincia de Zaragoza, perteneciente a la comarca del Bajo Gállego. Cuenta con una superficie total de 18.542,84 ha, de las cuales 17.479,58 ha son superficie agrícola utilizada y 16.240,76 ha corresponden a tierras labradas. Está situada a 279 msnm.

Con una textura del suelo franco-arcillosa, un pH moderadamente básico y un porcentaje de materia orgánica elevado, encontramos un nivel de salinidad con concentraciones por encima delo deseado, predominando sales como calcio y magnesio, pero sin problemas de sodicidad.

Al igual que en los casos anteriores, se ha realizado el climograma correspondiente al periodo comprendido entre 2010-2019 de los datos de precipitaciones y temperaturas obtenidos en la estación de Zuera. Los climogramas de las diferentes campañas de ensayo se recogen en el Anejo 7.3.6.

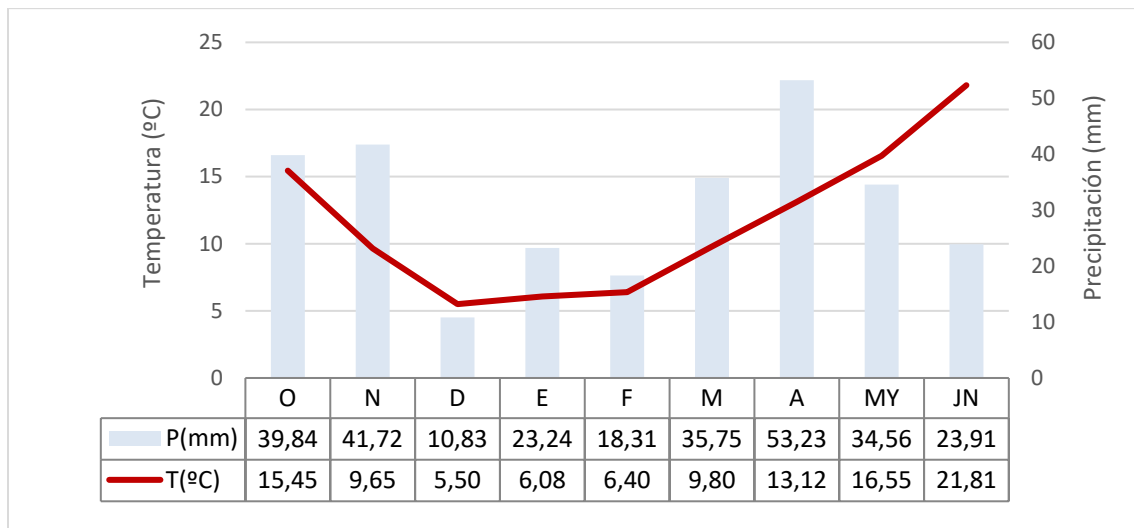


Figura 24. Datos de precipitaciones y temperatura para el periodo comprendido entre las campañas de 2010-2019 en Zuera. Datos obtenidos de la Oficina del regante.

Las coordenadas SIGPAC de la parcela (Figura 25) son las siguientes:

- Provincia 50, Municipio 304, Agregado 0, Polígono 7, Parcela 60
- Coordenadas UTM: X: 685892,43; Y:4641086,51; DATUM: WGS84; HUSO :30



Figura 25. Localización de la parcela de ensayo Zuera. SIGPAC

En este caso, la parcela tiene un coeficiente de regadío a manta del 100%, al igual que en el caso de Tauste.

3.3. Caracterización agroclimática

Debido a los cambios que se han ido realizando en la RED GENVCE, para poder llevar a cabo la evaluación agronómica y de la calidad del nuevo material vegetal en España, se han reestructurado en distintas zonas agroclimáticas y los resultados se han agrupado en función de las diferentes zonas para facilitar la interpretación de los datos. (Gutiérrez, 2019)

La adaptación de una variedad a una determinada zona está determinada en gran medida por la climatología. Para facilitar la evaluación del nuevo material vegetal, como se ha comentado anteriormente, se han agrupado las localidades de ensayo en zonas agroclimáticas, en base a los valores de pluviometría y temperatura (Figura 26, Tabla 3, Tabla 4).

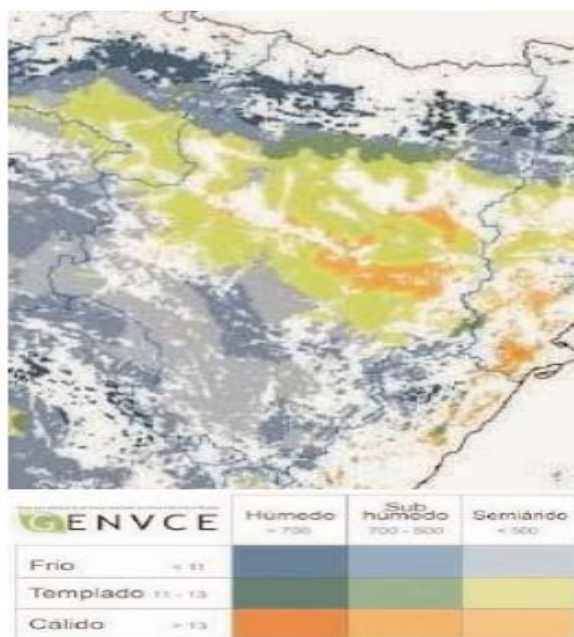


Figura 26. Distribución climática de las zonas de Aragón. GENVCE 2016

Tabla 3. Categorización de las zonas de experimentación. Fuente: Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos (GENVCE)

Temperatura	Tª media mes de abril	Pluviometría	Pluviometría Total anual
Zonas frías	Inferior a 11 °C	Zonas semiáridas	Igual o inferior a 500 mm
Zonas templadas	Entre 11 y 13 °C	Zonas subhúmedas	Entre 500 y 700 mm
Zonas cálidas	Superior a 13 °C	Zonas húmedas	Superior a 700 mm

Tabla 4. Caracterización agroclimática. Fuente: Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos (GENVCE)

Clasificación Aragón	Clasificación GENVCE	Localidad
Secanos áridos	Zona semiárida y fría	Visiedo
Secanos semiáridos	Zona semiárida y fría	Used
Secanos subhúmedos Hoya de Huesca	Zona subhúmeda y templada	Lupiñén
Secanos húmedos del pirineo	Zona húmeda y fría	Jaca
Regadíos valle del Ebro	Zona semiárida y templada	Zuera
Regadíos Cinco Villas	Zona semiárida y templada	Tauste

3.4. Análisis estadístico de los datos

El estudio se centra en datos productivos de trigo blando, obtenidos entre los años 1985-2019 en las localidades de Jaca, Lupiñén, Tauste, Used, Visiedo y Zuera. Se realizó, pues, un filtrado de la información facilitada por el CTA, adecuando el formato para poder exportar los datos a otras aplicaciones.

A fin de que la información generada pueda ser empleada en otros estudios, a continuación, se indican los nombres de los ficheros generados y su estructura:

- “Fichero de datos estadísticos.txt”: Contiene los datos de producción del estudio organizados en siete columnas, cuyo contenido es:
 - Columna 1: Nombre de la variedad
 - Columna 2: Tipo de variedad (periodo de introducción)
 - Columna 3: Número alfabético de variedad dentro de tipo de variedad
 - Columna 4: Nombre de población (localización)
 - Columna 5: Número alfabético de población (localización)
 - Columna 6: Año
 - Columna 7: Rendimiento en kg/ha
- “Fichero de variedades.txt”: Contiene los nombres de las variedades que ensayadas.
 - Columna 1: Nombre de la variedad
 - Columna 2: Número alfabético de variedad global
 - Columna 3: Tipo de variedad (periodo de introducción)
 - Columna 4: Número alfabético de variedad dentro de tipo de variedad

A partir del fichero de datos, por medio de un *script*, se obtienen siete ficheros auxiliares con el mismo contenido, pero ordenados cada uno de ellos por una columna diferente de datos. Estos ficheros son los denominados “FDES0n.txt” (n=1...7).

Para la representación de datos se ha recurrido al programa *OpenSource* GNUPLOT (v. 5.0), editando los *scripts* en el programa NOTEPAD ++ (v. 7.8.4), también de código abierto. Los ficheros auxiliares antes mencionados permiten generar los gráficos con GNUPLOT con facilidad: por ejemplo, si uno de los criterios del gráfico es tipo de variedad, se empleará el fichero “FDES02.txt”; si es la localidad se usará “FDES05.txt”; si es el año, “FDES06.txt”, etc.

Las 327 variedades distintas ensayadas se clasificaron cronológicamente en cinco grupos: las introducidas de 1985 a 1989 (grupo 1), las introducidas de 1990 a 1998 (grupo 2), las introducidas entre 1999 y 2008 (grupo 3), las introducidas entre 2009 y 2019 (grupo 4), y las variedades testigo –Isengrain, Marius y Soissons– (grupo 5). Es preciso aclarar que el factor “Población” hace referencia a la localidad en que se realizó el ensayo (no a población muestral).

En cuanto al análisis de los datos, se han obtenido histogramas de frecuencias, que han servido para evaluar los datos disponibles; y los datos de producción (rendimiento de cultivo) se han agrupado por año, localidad y grupo de variedades. Las frecuencias de rendimiento se han distribuido en intervalos, que se han representado de diferentes formas (histogramas, gráficos de violín (*Bee swarm*), diagramas de caja o *box-plots*, y curvas normales). Se han realizado estudios comparativos por variedad y localidad. Por último, se han intentado identificar las variedades más productivas para aconsejar su puesta en cultivo (o para que se pueda realizar un seguimiento más detallado de algunas de ellas). El criterio seguido para detectar las variedades más productivas ha sido el siguiente: se han definido cinco límites, dos relacionados con la media de rendimiento (media global y media para las variedades testigo), dos con la mediana (mediana de rendimiento

global y para las variedades testigo) y un valor arbitrario (9000 kg/ha). Si el mínimo de todos los valores producidos de una determinada variedad supera alguno de estos límites, se ha considerado una variedad destacada. El límite basado en la media ha sido ésta más dos veces la desviación estándar. El límite basado en la mediana ha sido el final del tercer cuartil más la mitad del cuarto rango intercuartílico.

Para el análisis estadístico de los datos se ha usado el software XLSTAT 2020.5.1.1043 (con licencia de evaluación). Tras comprobar que los datos verificaban las hipótesis de homogeneidad y homocedasticidad, se procedió a realizar análisis de varianza (ANOVA) unifactoriales, empleando el Test de Tukey para las comparaciones múltiples.

4. Resultados y discusión

4.1. Descripción general de la información objeto de análisis

Se han utilizado histogramas para representar los datos disponibles del estudio según los diferentes criterios de agrupación disponibles. En el eje de abscisas se representan los tipos de variedades, poblaciones (localidades) y años, y en el eje de ordenadas los números de frecuencia.

4.1.1. Número de variedades ensayadas en cada periodo de tiempo

La Figura 27 representa el número de variedades incluidas en cada grupo temporal (1985-1989, 1990-1998, 1999-2008 y 2009-2019). El grupo 5 (testigo) consta sólo de 3 variedades (Soissons, Marius e Isengrain), como se ha comentado anteriormente. En este gráfico se puede observar claramente que, con el paso del tiempo, cada vez se han ido ensayando más variedades de forma simultánea. Esta tendencia puede explicarse, por un parte, por una mayor disponibilidad de material vegetal a ensayar, y, por otra, por la necesidad de dar respuesta a una creciente demanda de mejoras en rendimiento frente al material vegetal que se venía empleando con anterioridad.

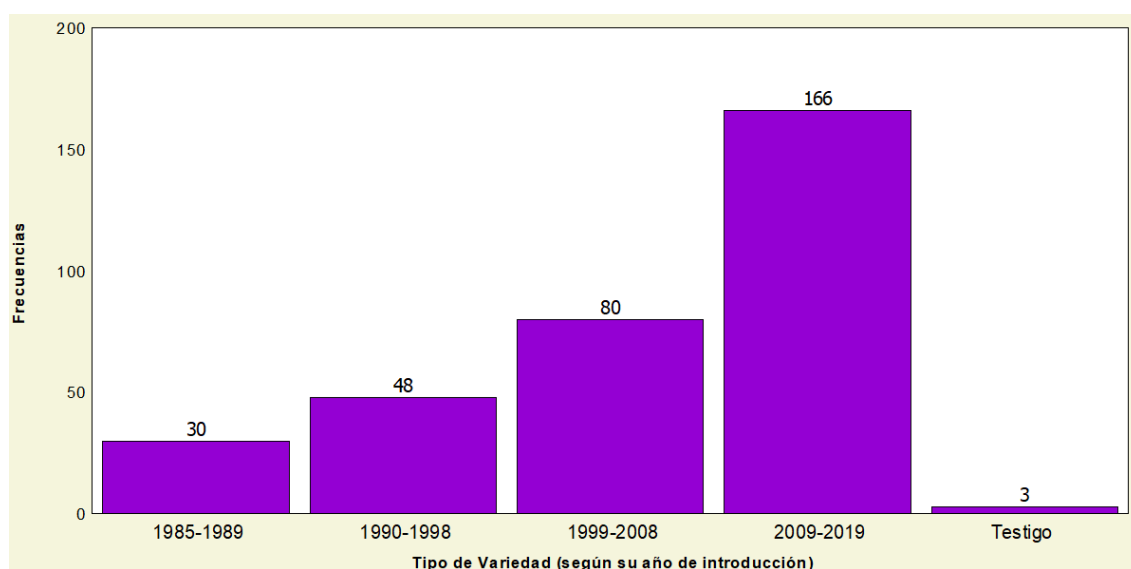


Figura 27. Número de variedades ensayadas, agrupadas según su año de introducción en los ensayos.

4.1.2. Datos disponibles para cada localización

En la Figura 28 se representa el número de datos de producción (rendimiento de cultivo) disponibles para cada localidad en que se han realizado ensayos. El hecho de que para Jaca haya menos datos que el resto de localidades se debe a que en esta zona los ensayos comenzaron en 2002, mientras que en el resto de zonas comenzaron en 1985. En el caso de Visiedo, pese a que se vienen realizando ensayos desde el comienzo de los experimentos, se observa que ha habido bastantes años en los que no se han recogido datos (ver Figura A1).

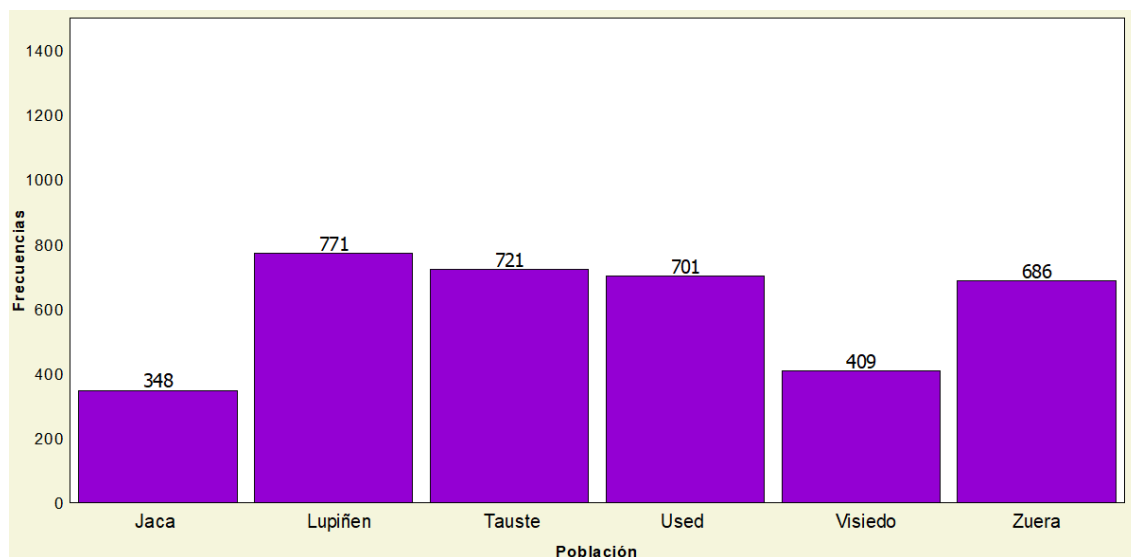


Figura 28. Datos totales disponibles para cada localidad en que se han realizado ensayos.

4.1.3. Datos disponibles para cada año de ensayo

En la Figura 29 se detalla el número de datos de producción disponibles en cada año de estudio. Se observa que a partir del año 2002 hay más datos, lo que se explica por la incorporación de Jaca al estudio, la introducción de nuevas variedades y la realización de más ensayos a través de la red de transferencia.

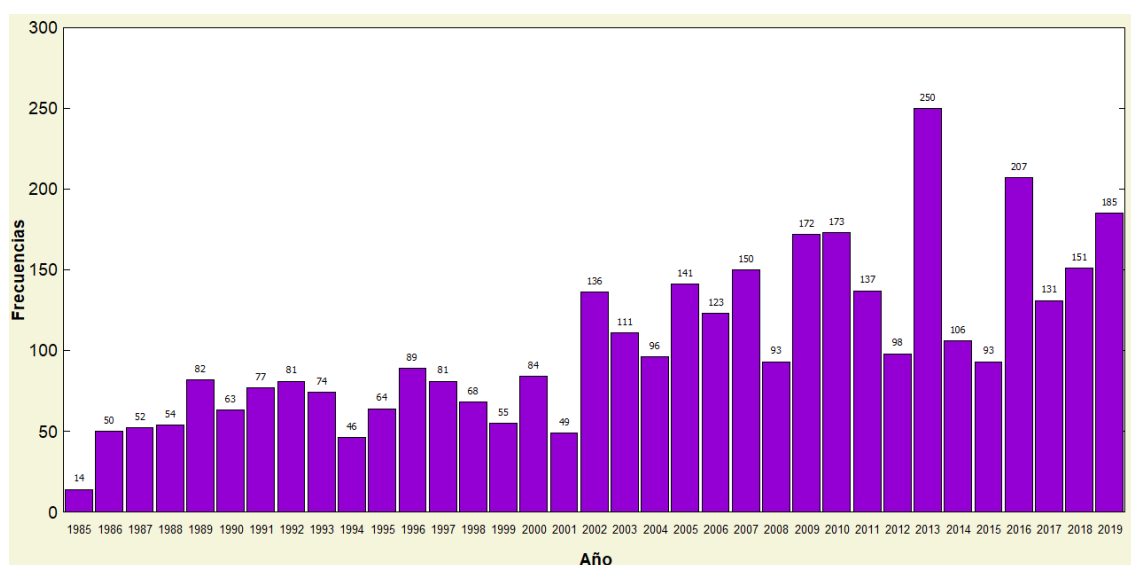


Figura 29. Datos disponibles para cada año de ensayos.

4.2. Análisis del rendimiento de cultivo en función del tiempo y de la localización

4.2.1. Rendimientos alcanzados para cada variedad

En la Figura 30 se presentan los 3636 datos de rendimiento disponibles para las 327 variedades estudiadas, organizadas por periodo de estudio.

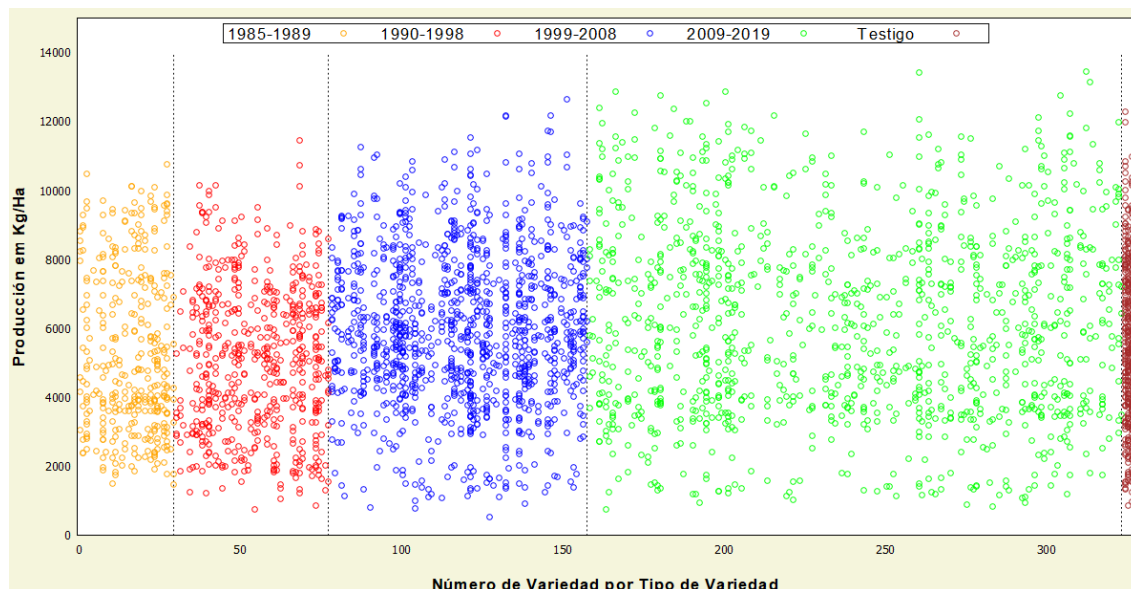


Figura 30. Datos globales de Producción por Variedad

4.2.2. Frecuencias de rendimiento de cultivo por intervalos temporales

Puesto que los valores de rendimiento están comprendidos entre 0 y 14.000 kg/ha, se ha utilizado un tamaño de 500 kg/ha como intervalo de clase. En la Figura 31 se puede ver que la distribución se aproxima a una campana de Gauss, aunque alrededor de la media esté bastante plana, no sea simétrica y la cola de la izquierda tenga picos indeseables. Este gráfico incluye todos los datos disponibles, pero este comportamiento global no discrimina en función de la localización ni cronológicamente. Los valores más altos, corresponden a localidades como Zuera y Tauste, con regadío a manta, y a secanos subhúmedos de la Hoya de Huesca, como es el caso de Lupiñén (aspectos que se tratan en apartados posteriores).

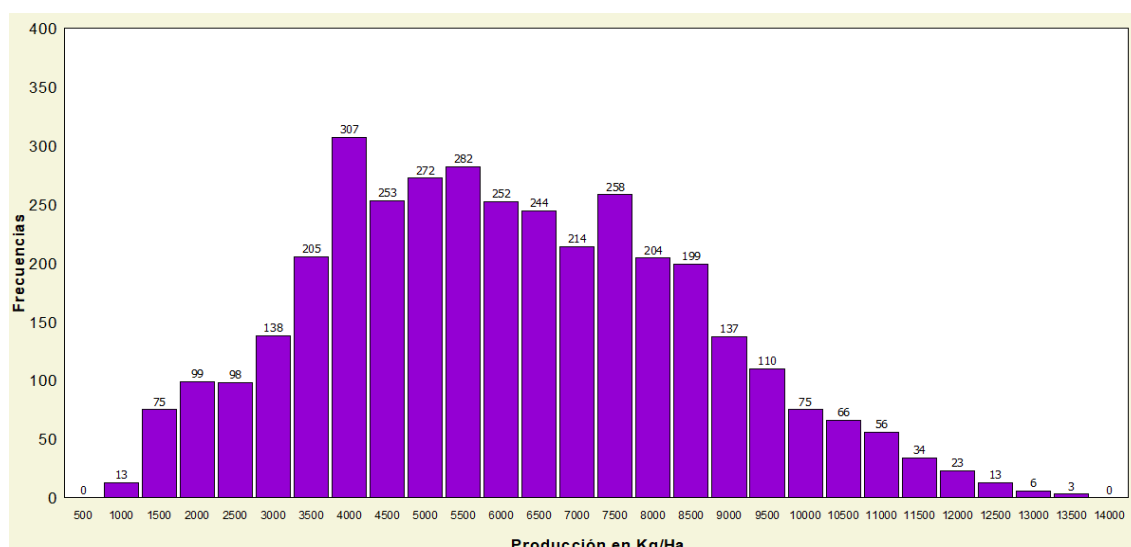


Figura 31. Distribución de los rendimientos de cultivo por intervalos

4.2.3. Evolución temporal de los rendimientos de cultivo

En la Figura 32 se aprecian las importantes variaciones temporales en el rendimiento (análogas a las presentadas en la Figura 31 por las diferentes condiciones meteorológicas de cada año. A modo de ejemplo, los rendimientos globales más bajos correspondieron al año 1995 (muy seco) y los más altos a 2013 (muy lluvioso). La evolución de los rendimientos para las variedades testigo y desglosada por localización se recogen en la Figura A2 y la Figura A3, respectivamente.

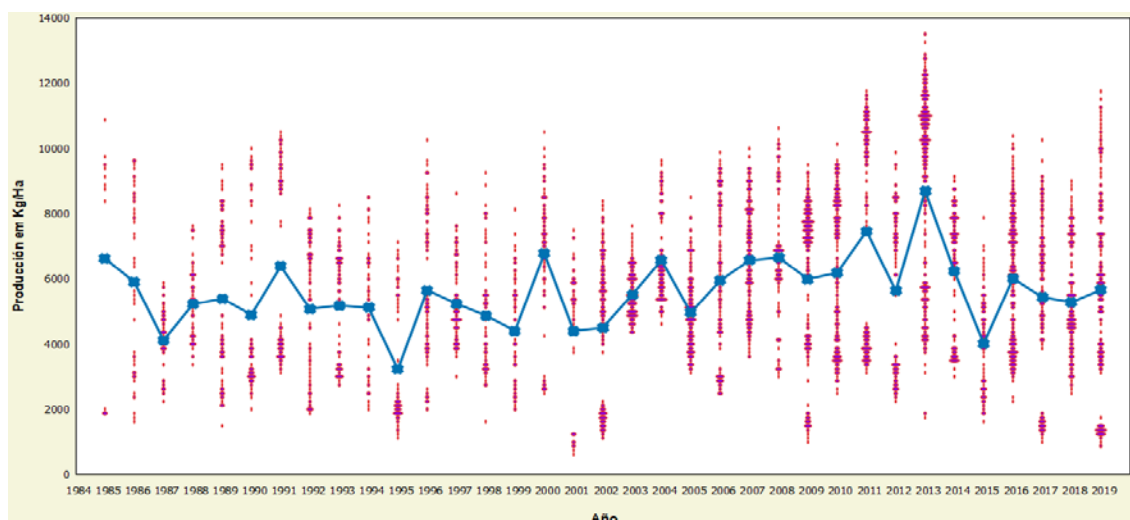
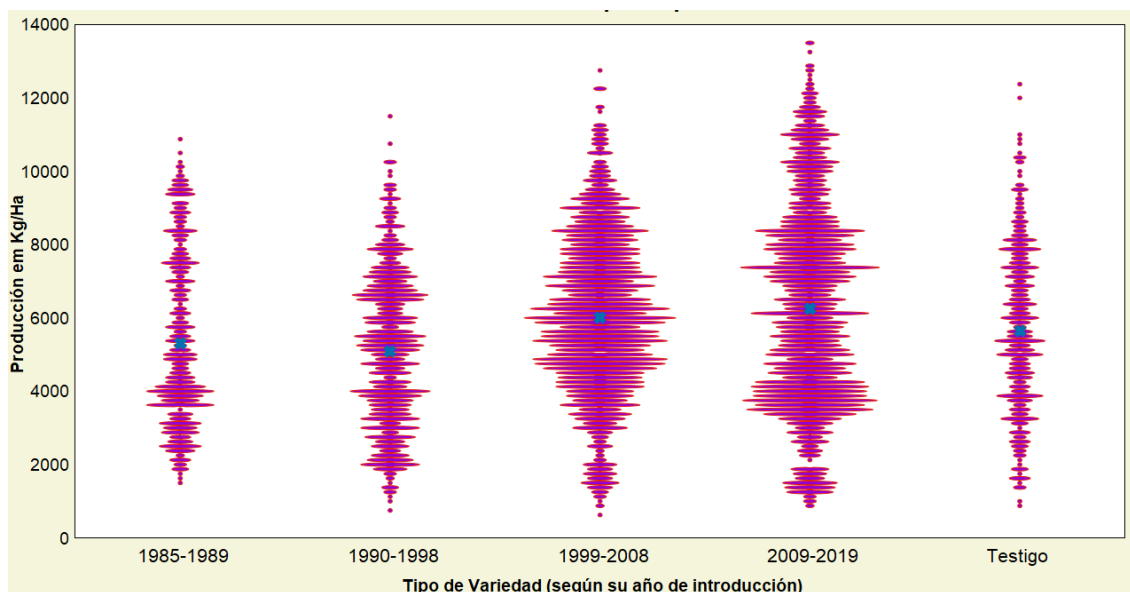


Figura 32. Evolución temporal de los rendimientos.

4.2.4. Distribución de los rendimientos de cultivo en los distintos periodos de estudio

En la Figura 33 se muestran en el eje de abscisas los diferentes tipos o grupos de variedad según el año en que se introdujeron, y en el eje de ordenadas los valores de rendimiento. Para la gráfica superior, el eje horizontal de cada violín (anchura) es proporcional al número de datos de rendimiento existentes con el valor de representado en el eje de ordenadas.



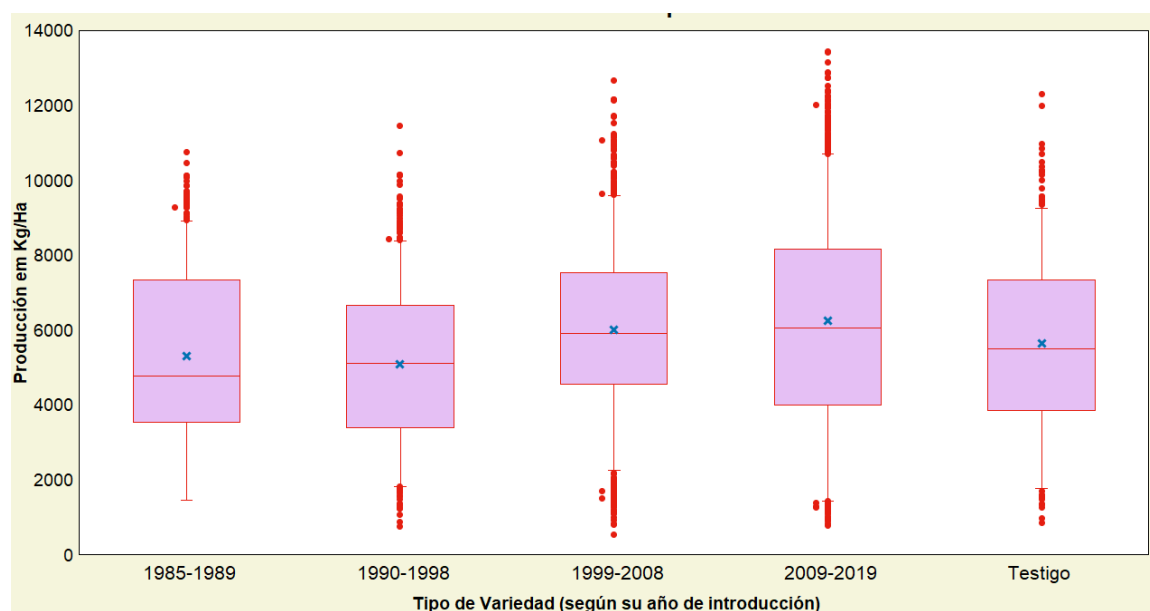


Figura 33. Distribución de los rendimientos de cultivo en cada periodo de estudio

Se puede observar que, a nivel global, las variedades introducidas en el último periodo (2009-2019) han mejorado la media de rendimiento de cultivo frente a las variedades ensayadas en periodos anteriores (como se discute más a detalle a continuación), aunque la dispersión de los valores se hace más patente. La gran cantidad de datos existentes entre 1999-2008, conforme a lo indicado más arriba, se debe a la introducción de nuevas variedades, ya que las introducidas en el periodo 1990-1998 no mejoraron (de media) los rendimientos de las variedades ensayadas en el periodo 1985-1989. Por otro lado, el grupo testigo presenta un valor medio próximo al de las variedades más antiguas, ya que está formado por tres de ellas, que se introdujeron en los primeros ensayos.

En la Tabla 5, que se muestra a continuación, se presentan los resultados del ANOVA y el Test de Tukey para cada grupo de variedad (periodos de estudio). En el Anexo 7.4.1 se recogen las salidas de programa detalladas.

Tabla 5. Resumen de los resultados de la comparación por pares para cada grupo de variedad (periodo de ensayo)

Periodo de estudio	Producción
4	6240,658 a
3	5996,447 ab
5	5648,700 bc
1	5309,158 cd
2	5092,412 d
Pr > F(Modelo)	<0,0001
Significativo	Sí

A continuación, en la Figura 34, se presenta una comparativa de las medias de rendimiento en cada periodo de estudio con la media global. La media global como una línea horizontal, de la que parten líneas verticales hacia la media de rendimiento para cada periodo de estudio. Las líneas discontinuas horizontales representan la amplitud de los intervalos de confianza para distintos niveles de significación. El grupo de variedades ensayado en el periodo 2009-2019 destaca de forma positiva.

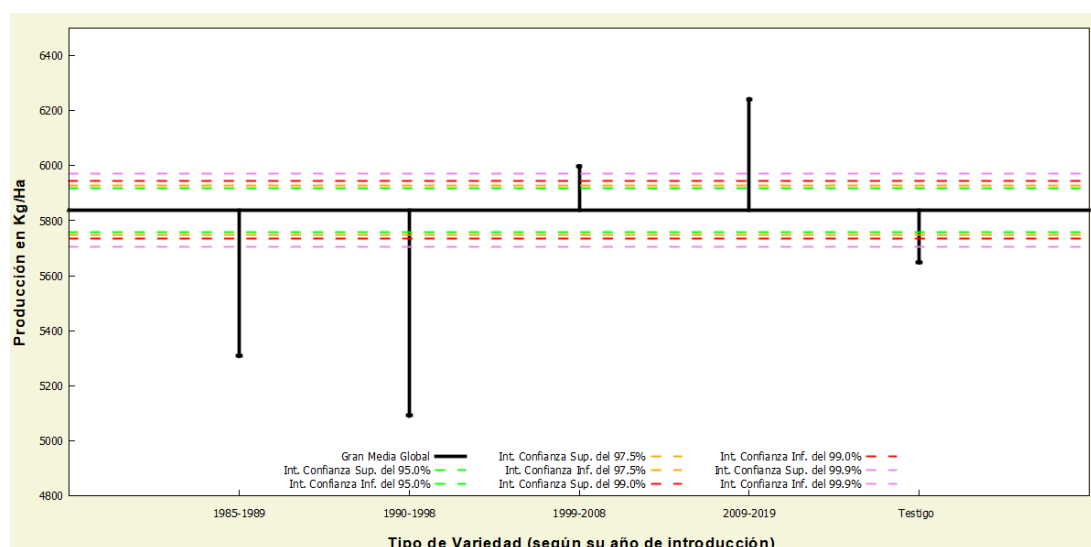


Figura 34. Comparativa de rendimientos medios en cada periodo de estudio frente a la media global.

4.2.5. Distribución de los rendimientos de cultivo en cada periodo de estudio y localización

Vista la tendencia observada en el apartado anterior, cabe preguntarse si la evolución de los rendimientos ha sido similar en todas las localizaciones. Como se puede apreciar en la Figura 35, no es el caso: la tendencia global no se reproduce en todos los casos. Por ejemplo, en Jaca y Visiedo, la introducción de las nuevas variedades no ha conllevado mejoras significativas, que sí se observan claramente en el caso de Lupiñén. En Tauste, las variedades más recientes han logrado una mejora apreciable de los rendimientos (aunque con una mayor dispersión), mientras que, en Used, las variedades más recientes han tenido peores resultados. Por último, en el caso de Zuera, la producción bajó en el periodo 1990-2008, y se recuperó con las variedades introducidas en el periodo 2009-2019, cuyos rendimientos no son significativamente distintos de los alcanzados con las variedades más antiguas (como se observa en los resultados de los ANOVA de la Tabla 6²).

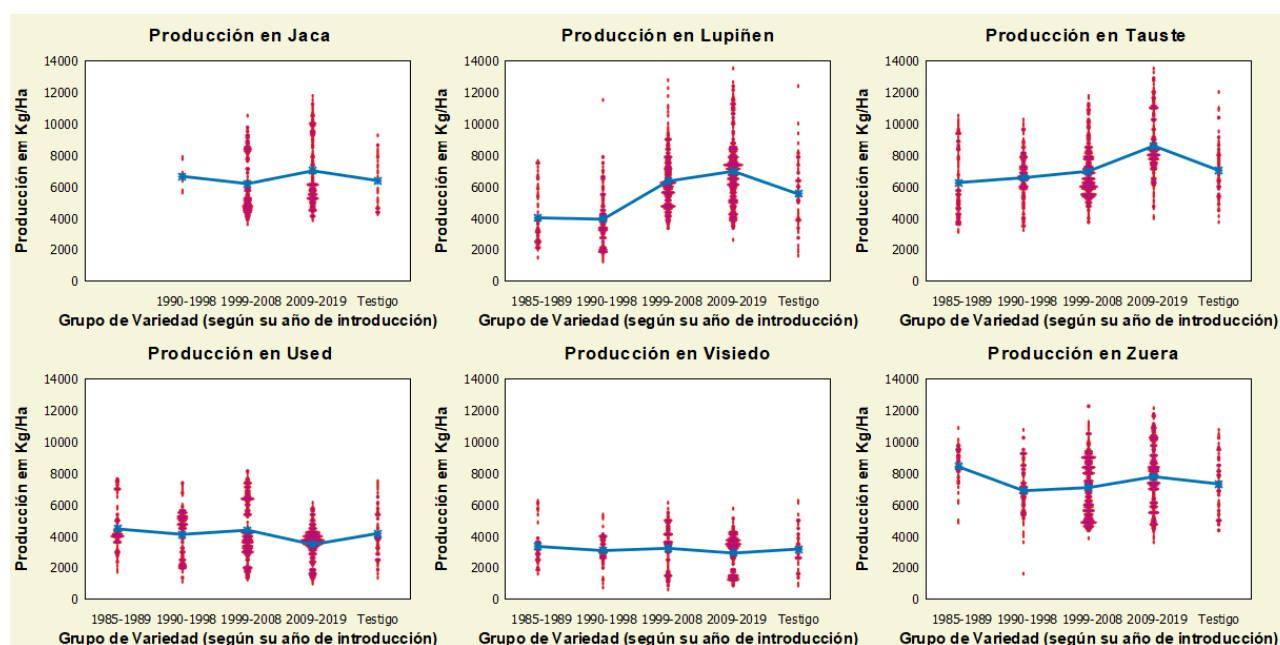


Figura 35. Distribución de producción por tipo de variedad en cada localidad

² En el Anexo 7.4.2 se recogen los resultados de los ANOVA realizados para cada localización de estudio y los correspondientes Test de Tukey

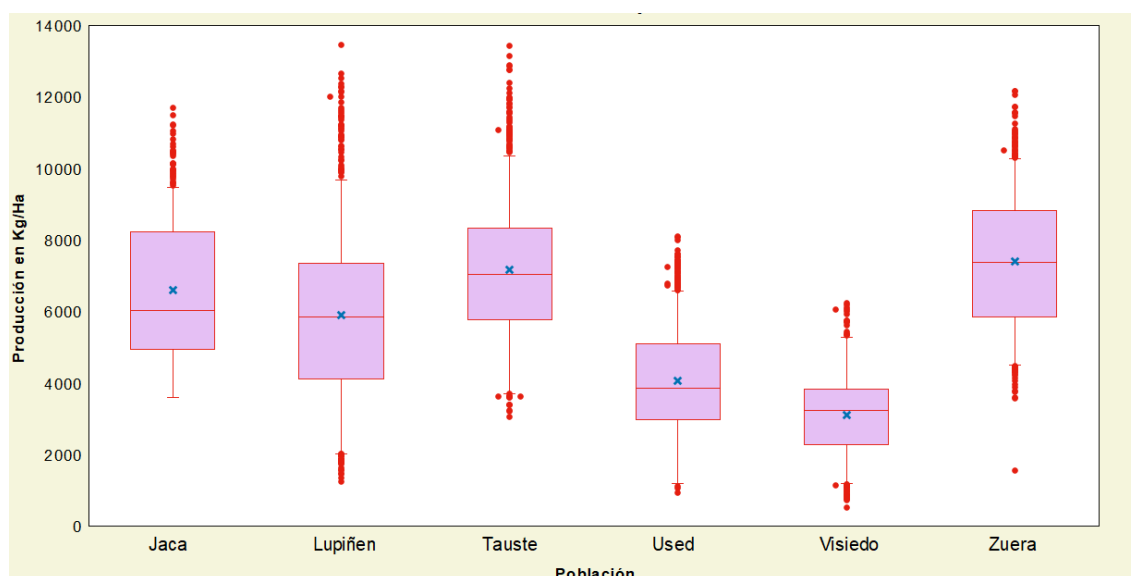
Tabla 6: Resultados de los ANOVA y comparaciones múltiples mediante el Test de Tukey en las diferentes localidades para los distintos grupos de variedades de estudio (periodos de estudio)

JACA		LUPIÓNEN		TAUSTE	
4	7003,77711 a	4	6972,45361 a	4	8584,75449 a
2	6646,1 ab	3	6345,52679 b	5	7025,34848 b
5	6376 ab	5	5527,88525 c	3	6978,48594 b
3	6184,82394 b	1	4019,79104 d	2	6565,14789 c
Pr > F(Modelo)	0,00309072	2	3931,67188 d	1	6256,30928 c
Significativo	Sí	Pr > F(Modelo)	5,8604E-52	Pr > F(Modelo)	4,581E-27
Significativo	Sí	Significativo	Sí	Significativo	Sí

USED		VISIEDO		ZUERA	
1	4463,77419 a	1	3351,6 a	1	8409,63462 a
3	4386,21053 a	3	3236,22115 a	4	7779,32 ab
5	4177,12903 a	5	3185,70213 a	5	7315,7541 bc
2	4119,125 a	2	3088,96774 a	3	7084,27381 c
4	3475,2488 b	4	2933,88742 a	2	6891,40625 c
Pr > F(Modelo)	2,9461E-09	Pr > F(Modelo)	0,18202818	Pr > F(Modelo)	4,1906E-08
Significativo	Sí	Significativo	No	Significativo	Sí

4.2.6. Dependencia de los rendimientos de la localización

Si se evalúan globalmente los rendimientos en cada localización (ignorando el factor tiempo), se puede observar la existencia de tres grupos diferenciados: Jaca y Lupiñén, Used y Visiedo, y Tauste y Zuera (Figura 36). Los menores rendimientos se han registrado en Used y Visiedo; Jaca y Lupiñén han tenido rendimientos intermedios; y los mejores rendimientos se han dado en Tauste y Zuera. Esto se debe a que las parcelas de estudio en estas dos últimas localidades tienen un coeficiente de riego del 100%, a diferencia de las otras parcelas. La meteorología anual, como se describe en apartados anteriores, la calidad de la tierra, labores agrícolas o buenas prácticas explicarían las diferencias entre las otras cuatro.



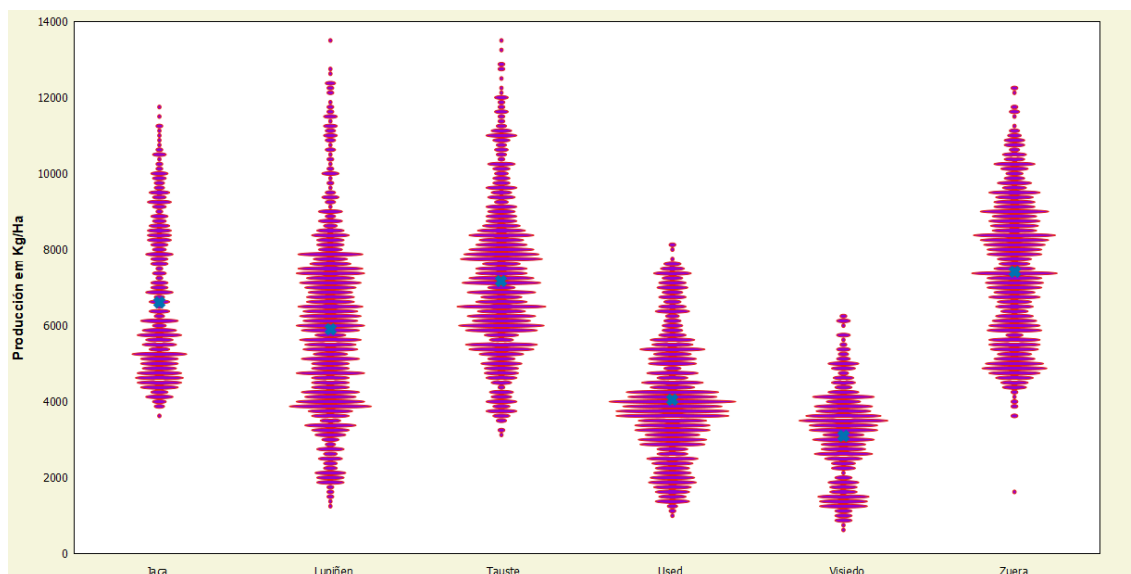


Figura 36. Rendimientos de cultivo en función de las localizaciones de estudio.

Si se desglosan los rendimientos en cada localidad por periodos de estudio (presentando información redundante con la de la Figura 35, pero organizada de forma que las comparaciones entre localidades para cada periodo sean más fácilmente reconocibles, Figura 36), se aprecia que la tendencia comentada se mantiene constante a lo largo del tiempo (salvo en el periodo 1990-1998 en Lupiñén, en que los rendimientos alcanzados fueron más bajos de lo esperado, Figura 37). Se deduce, pues, que el factor localización tendría un efecto mayor sobre los rendimientos que los distintos tipos de variedades ensayados.

A continuación, en la Tabla 7, se muestra el resumen de los ANOVA para cada localización de estudio.

Tabla 7. Resumen de los resultados de los análisis ANOVA y las pruebas de comparaciones múltiples mediante el test de Tukey para las diferentes localizaciones de estudio.

Localización	
Zuera	7406,299 a
Tauste	7176,259 a
Jaca	6605,210 b
Lupiñén	5914,608 c
Used	4057,641 d
Visiedo	3109,169 e
Pr > F(Modelo)	<0,0001
Significativo	Sí

En el anexo 7.4.3 se recoge el análisis de varianza, así como el Test de Tukey, para los diferentes grupos de variedad (periodos de estudio) en las diferentes localizaciones.

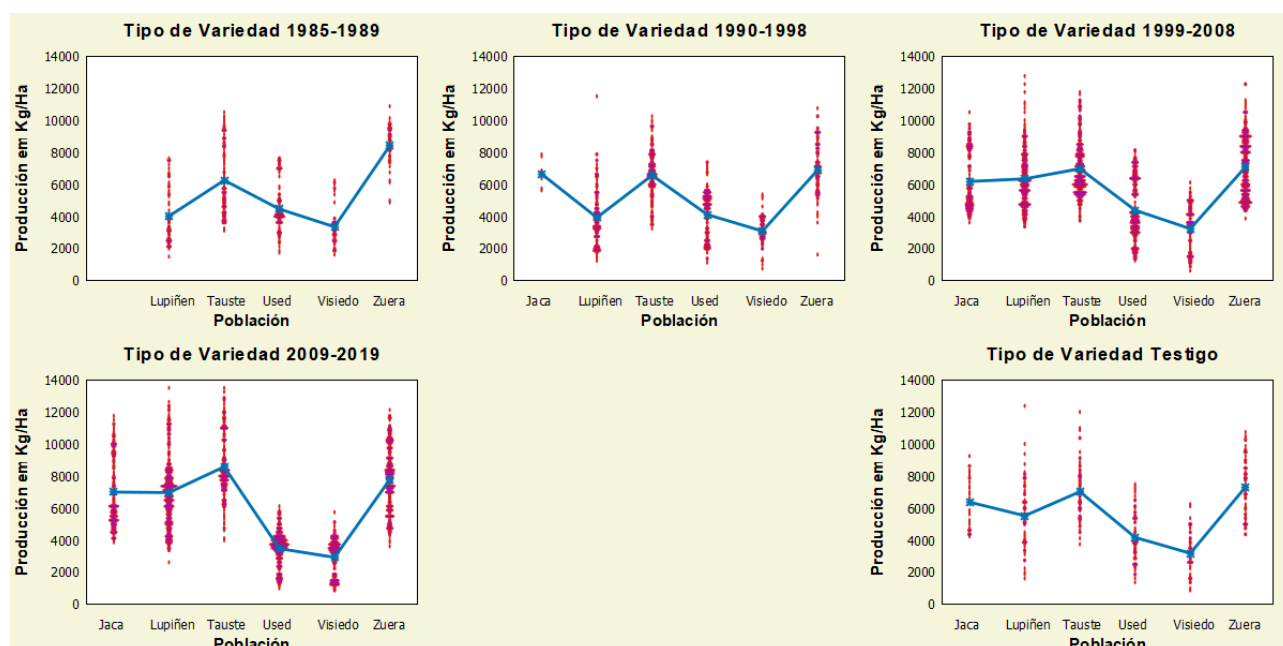


Figura 37. Distribución de producción por localidad según grupo de variedad.

Como este trabajo se ha dividido en los diferentes periodos de ensayo, en la Tabla 8 se resume el análisis de resultados para cada localidad y para cada uno de esos periodos.

Tabla 8:Resúmenes de resultados de los ANOVA y las pruebas de comparaciones múltiples mediante el Test de Tukey para los diferentes grupos de variedades (periodos de ensayo) en las diferentes localidades.

1985-1989		1990-1998		1999-2008		1999-2008		Testigo	
ZUERA	8409,6 a	ZUERA	6891,4 a	ZUERA	7084,2 a	TAUSTE	8584,7 a	ZUERA	7315,7 a
TAUSTE	6256,3 b	JACA	6646,1 a	TAUSTE	6978,4 a	ZUERA	7779,3 b	TAUSTE	7025,3 a
USED	4463,7 c	TAUSTE	6565,1 a	LUPIÑEN	6345,5 b	JACA	7003,7 c	JACA	6376 ab
LUPIÑEN	4019,7 cd	USED	4119,1 b	JACA	6184,8 b	LUPIÑEN	6972,4 c	LUPIÑEN	5527,8 b
VISIEDO	3351,6 d	LUPIÑEN	3931,6 b	USED	4386,2 c	USED	3475,2 d	USED	4177,1 c
Pr > F	2,83E-49	VISIEDO	3088,9 c	VISIEDO	3236,2 d	VISIEDO	2933,8 d	VISIEDO	3185,7 d
Significativo	Sí	Pr > F	5,59E-76	Pr > F	1,74E-103	Pr > F	1,10E-201	Pr > F	6,17E-37
		Significativo	Sí	Significativo	Sí	Significativo	Sí	Significativo	Sí

4.3. Selección de variedades más prometedoras

Dado el elevado número de variedades ensayadas, se ha realizado un primer filtrado comparando los rendimientos de las variedades ensayadas en cada periodo con los de las variedades testigo (eliminando así la influencia de la climatología).

4.3.1. Comparativa de rendimientos de cultivo de las variedades ensayadas en cada periodo frente a las variedades testigo

En la Figura 38, la línea horizontal central es la que representa el rendimiento medio para las variedades testigo, las líneas discontinuas, los intervalos de confianza para diferentes niveles de significación. Las variedades ensayadas en el periodo 1990-1998 destacan por sus bajos rendimientos, y –de nuevo– las ensayadas en el periodo 2009-2019 superaron la media de rendimiento de las variedades testigo.

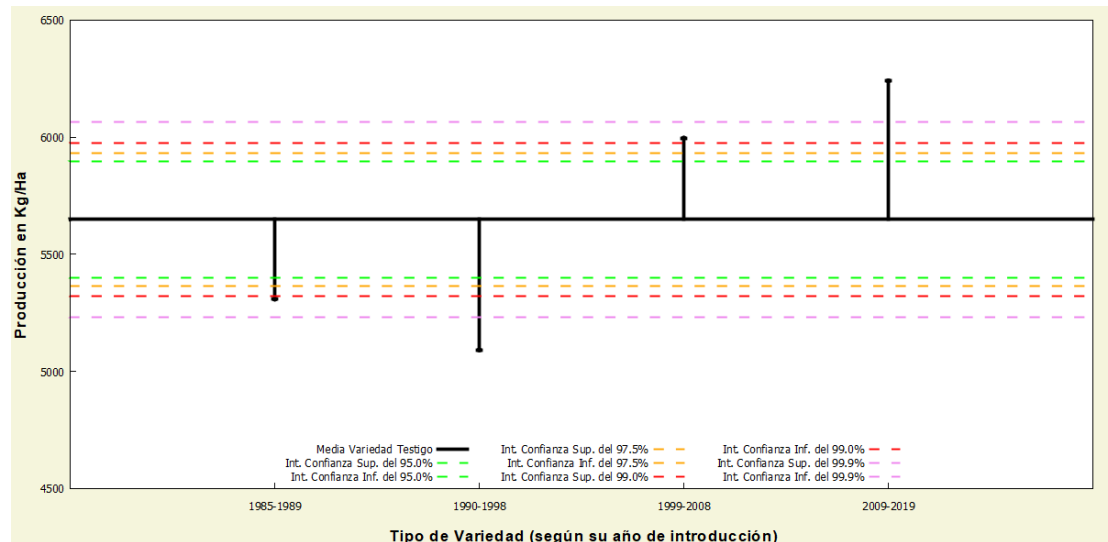


Figura 38. Comparativa de rendimientos medios en cada periodo de estudio frente a la media de las variedades testigo.

A continuación, se presenta un análisis más detallado para cada periodo de estudio. En los dobles histogramas recogidos a continuación se muestran las diferencias de rendimiento entre las variedades ensayadas en cada periodo (eje positivo de ordenadas) y las variedades testigo (eje negativo de ordenadas), indicándose las frecuencias relativas en el eje de ordenadas y las frecuencias absolutas encima/debajo de cada barra del histograma, y tomando intervalos de 500 kg/ha en el eje de abscisas. La leyenda especifica el número total de datos de cada variedad.

4.3.1.1. Variedades ensayadas en el periodo 1985-1989

En la Figura 39 se puede observar que las variedades ensayadas en el primer periodo tienen como frecuencia relativa más alta (moda) un rendimiento de 4000 kg/ha. Si nos fijamos en el intervalo de rendimientos desde 5000 hasta 9000 kg/ha, las variedades testigo han tenido rendimientos más alto, alcanzando hasta 12500 kg/ha. En resumen, las variedades ensayadas no fueron tan productivas como las variedades testigo.

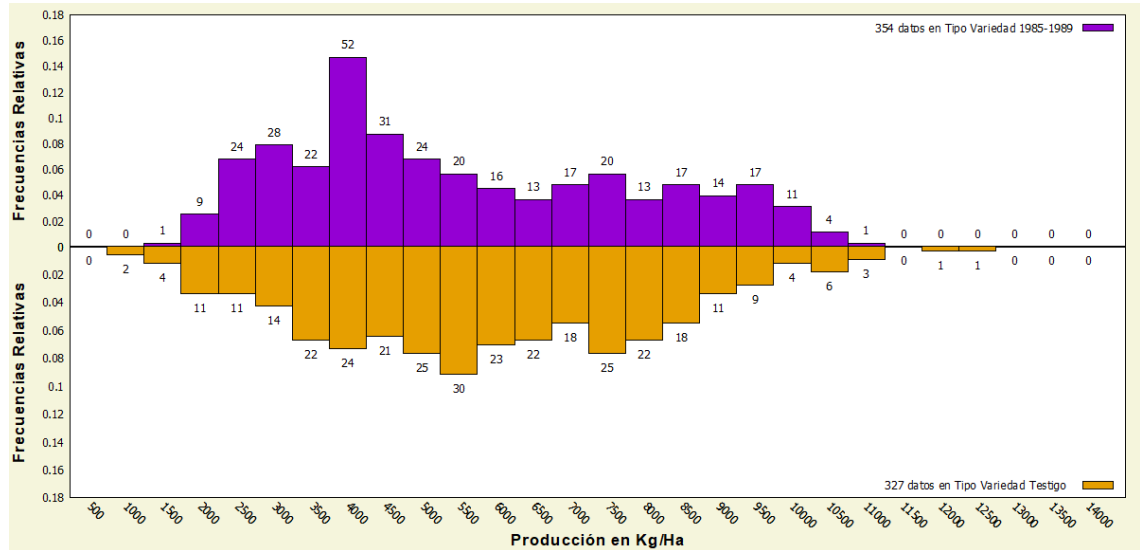


Figura 39. Comparación de muestras entre variedades ensayadas en 1985-1989 vs. variedades testigo.

4.3.1.2. Variedades ensayadas en el periodo 1990-1998

Los rendimientos alcanzados (Figura 40) fueron muy semejantes, aunque si se observan en los valores de rendimiento elevados, las variedades testigo se comportaron mejor.

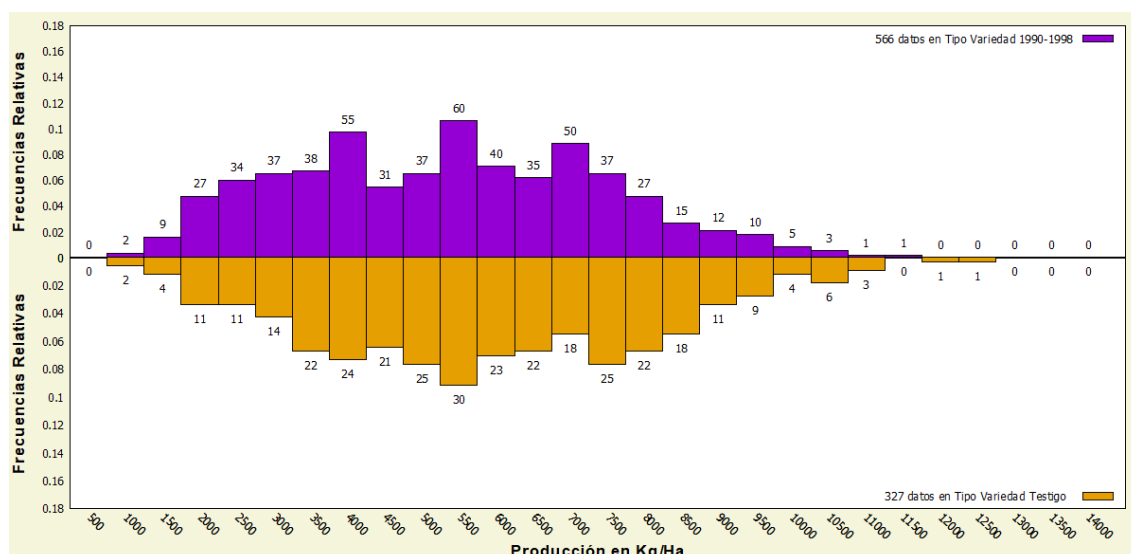


Figura 40. Comparación de muestras entre variedades ensayadas en 1990-1998 vs. variedades testigo.

4.3.1.3. Variedades ensayadas en el periodo 1999-2008

Aunque las curvas de la Figura 41 pudieran parecer simétricas, la media de rendimiento para las variedades ensayadas fue mejor que para las variedades testigo.

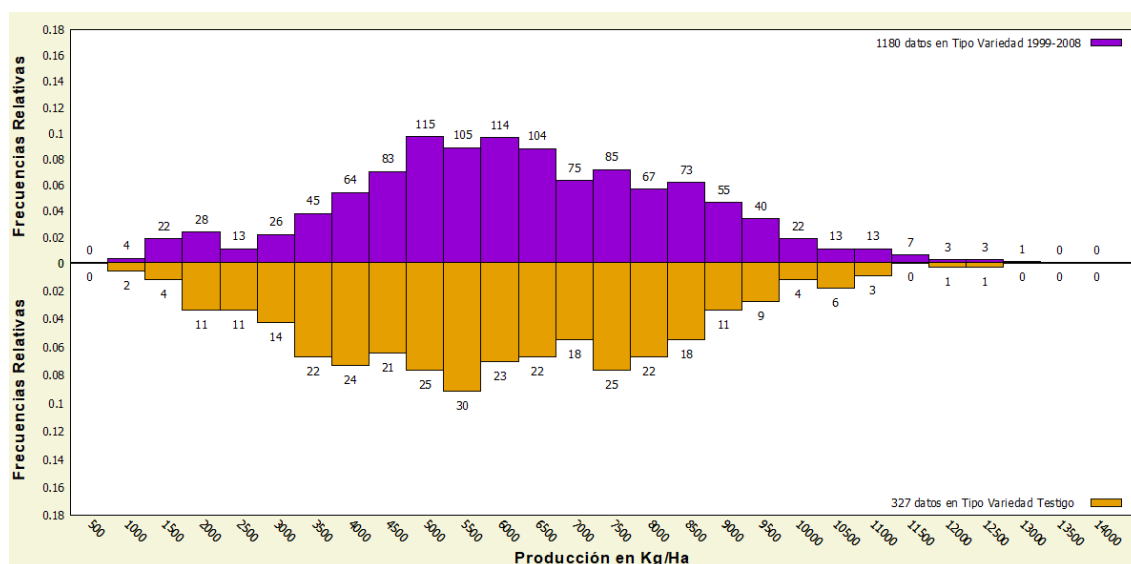


Figura 41. Comparación de muestras entre variedades ensayadas en 1999-2008 vs. variedades testigo.

4.3.1.4. Variedades ensayadas en el periodo 2009-2019

En la Figura 42 se aprecia como los rendimientos superiores a 10000 kg/ha son bastante más frecuentes para las nuevas variedades ensayadas que para las testigos. No obstante, las nuevas variedades tienen claramente dos modas, la primera en 4000 kg/ha y la segunda alrededor de 7500 kg/ha. Esto sugiere que, aunque hay rendimientos interesantes, también hay valores de rendimiento inferiores a los de las variedades testigo (como se ha explicado anteriormente, la dispersión es mayor).

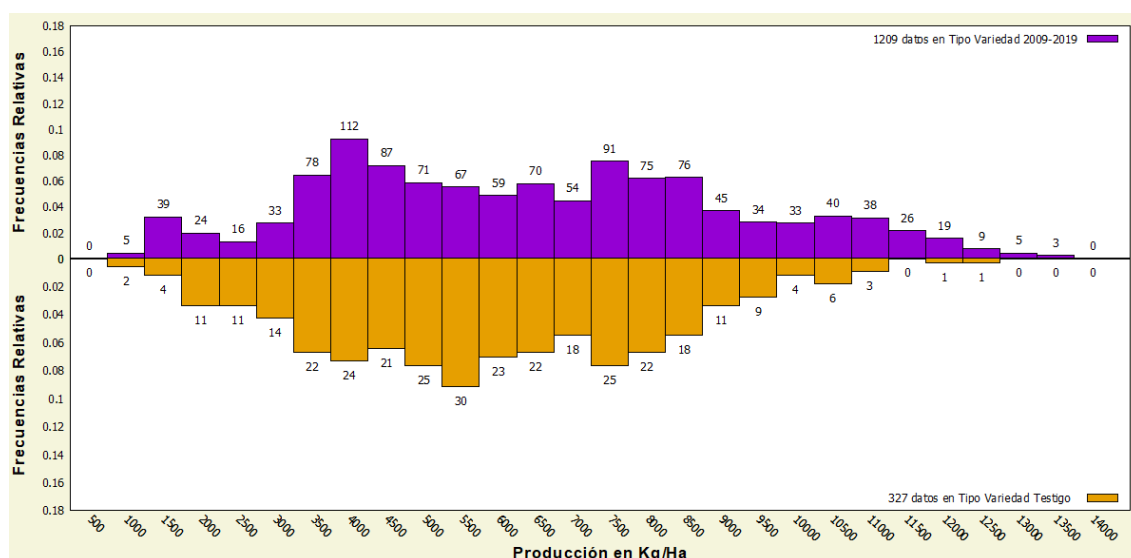


Figura 42. Comparación de muestras entre variedades ensayadas en 2009-2019 vs. variedades testigo.

4.3.2. Variedades destacadas

Teniendo en cuenta que los mejores rendimientos se alcanzaron para las variedades ensayadas en el periodo 2009-2019, resulta de interés detectar las más prometedoras. En las figuras siguientes (Figura 43 y Figura 44) se muestran visualmente los rendimientos de las variedades ensayadas en este periodo, junto con distintas opciones de filtrado. Las variedades destacadas se han indicado representando sus datos de rendimiento con valores máximo, medio y mínimo, y una línea discontinua hasta el eje de abscisas.

Conforme a lo explicado en la sección 0, se han tomado cinco referencias diferentes: valores medios de rendimiento (bien de las variedades testigo o la media global), medianas de rendimiento (bien de las variedades testigo o la mediana global) y un rendimiento de 9000 kg/ha. Los límites fijados han sido:

- El rendimiento medio global más dos veces la desviación típica muestral global
- El rendimiento medio de las variedades testigo más dos veces la desviación típica muestral para las testigo.
- La mediana del rendimiento global más la mitad del rango del IQR global
- La mediana del rendimiento de las variedades testigo más la mitad del IQR para las testigos
- Valor fijo de 9000 kg/ha, considerado como un valor aceptable.

Inicialmente se tomó como criterio para seleccionar las variedades destacadas el que el mínimo de todos sus datos de rendimiento superase alguno de los límites anteriores. No obstante, al ser un criterio muy restrictivo, se flexibilizó de la siguiente forma: una variedad se selecciona como destacada si la media de todos sus datos de rendimiento supera alguno de los límites anteriores.

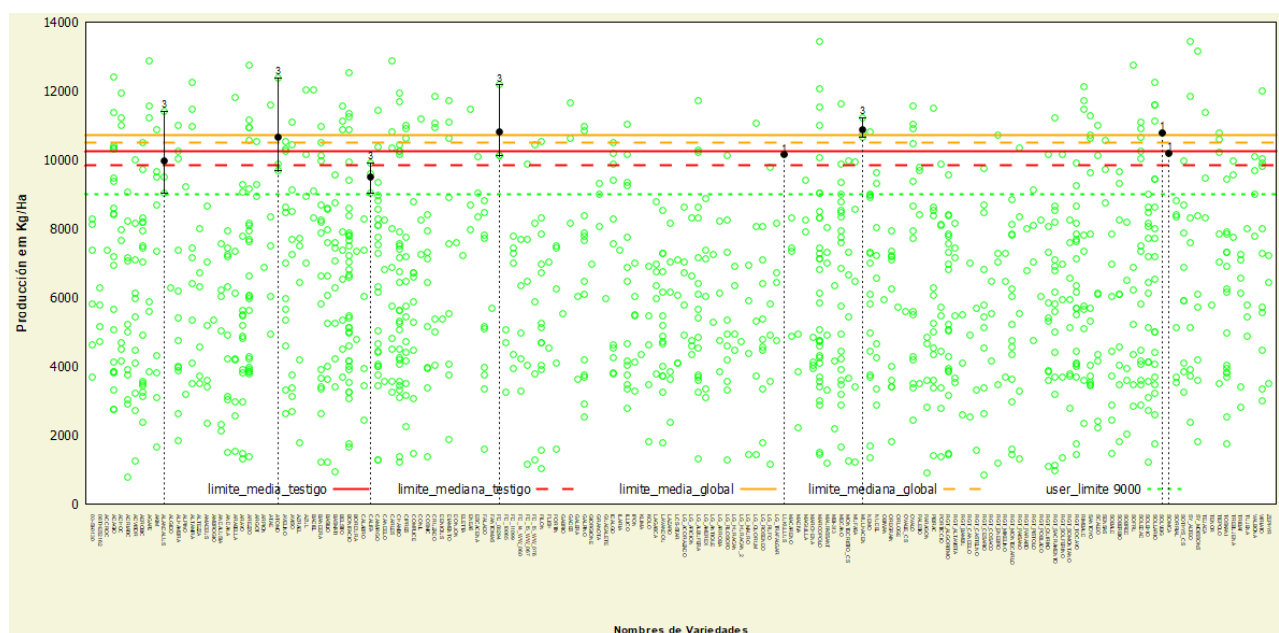


Figura 43. Variedades destacadas conforme al criterio de filtrado más exigente, empleando valores mínimos de rendimiento.

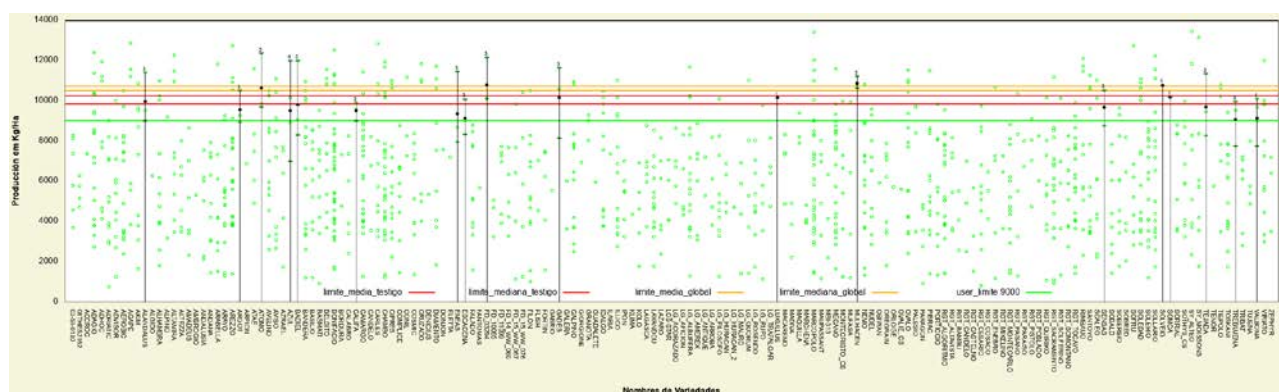


Figura 44. Variedades destacadas conforme al criterio de filtrado flexibilizado, empleando valores medios de rendimiento

Si se toma el criterio más exigente, las variedades destacadas por su excelente productividad (8 en total) son las recogidas en la Tabla 9. Si se opta por el criterio más flexible, el listado (con 18 variedades, de las cuales las 8 primeras son las del criterio más exigente) se recoge en la Tabla 10.

Tabla 9. destacadas conforme al criterio de filtrado más exigente y sus rendimientos medios.

Nombre de la variedad	Rendimiento (kg/ha)
MULHACEN	10865
FD_03294	10796
SOLVEIG	10777
ATOMO	10643
SOMCA	10189
LUKULLUS	10142
GADES	10139
ALANDALUS	9973

Tabla 10. Variedades destacadas conforme al criterio de filtrado flexibilizado y sus rendimientos medios

Nombre de la variedad	Rendimiento (kg/ha)
MULHACEN	10865
FD_03294	10796
SOLVEIG	10777
ATOMO	10643
SOMCA	10189
LUKULLUS	10142
GADES	10139
ALANDALUS	9973
BADIEL	9801
TEJADA	9698
SENSAS	9665
ARGOT	9574
AZUL	9520
CALIFA	9504
ENEAS	9360
ESCACENA	9148
VALBONA	9136
TREBUJENA	9083

4.4. Análisis de la influencia de la mejora vegetal en los rendimientos de cultivo

4.4.1. Análisis de la influencia de la mejora vegetal a nivel global

Para el estudio de la influencia de la mejora vegetal, se han representado las variedades por su año de introducción en el proyecto, junto con el rendimiento de cada variedad en dicho año.

La Figura 45 representa en el eje de abscisas los años y en el eje de ordenadas los rendimientos medios alcanzados. Se observan tres periodos claramente diferenciados: 1985-2002, en el que la introducción de nuevas variedades no se traduce en una mejora de rendimiento (disminución de - 34 kg/ha y año); 2003-2013, en el que hay una mejora significativa, con ganancias de rendimiento anuales de 181,4 kg/ha y año; y un último periodo (2014-2019), tendencia creciente de rendimientos menos acusada (88,8 kg/ha y año).

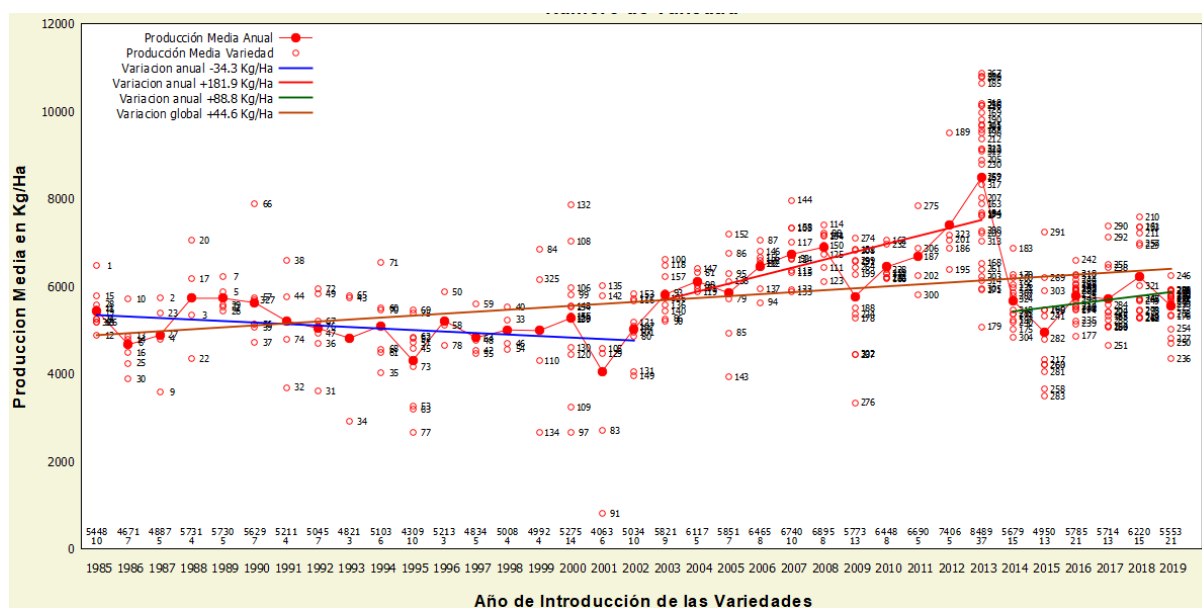


Figura 45. Rendimientos medios alcanzados por cada variedad en su año de introducción. Los círculos rojos unidos por tramos rectos representan la media de todas las variedades introducidas en un año. Se incluyen rectas de regresión para los periodos 1985-2002 (azul), 2003-2013 (rojo) y 2014-2019 (verde), junto con sus pendientes (indicadas en la leyenda). Los valores en la primera fila sobre el eje de abscisas indican el número de variedades introducidas en el año. Los valores en la fila inmediatamente superior indican la media de rendimiento para las variedades introducidas en ese año.

4.4.2. Análisis de la influencia de la mejora vegetal por localidades

Como el comportamiento de las variedades se ha observado que es muy dependiente de la localización (conforme a lo explicado en el apartado 4.2.6), se ha repetido el análisis para cada localidad en que se realizaron ensayos.

En Jaca (Figura 46), en la que sólo se dispone de información desde 2002, se ha obtenido una valoración anual positiva tanto en el periodo 2003-2013 como en el 2014-2019, siendo este último periodo en el que se aprecia una mejora más notable.

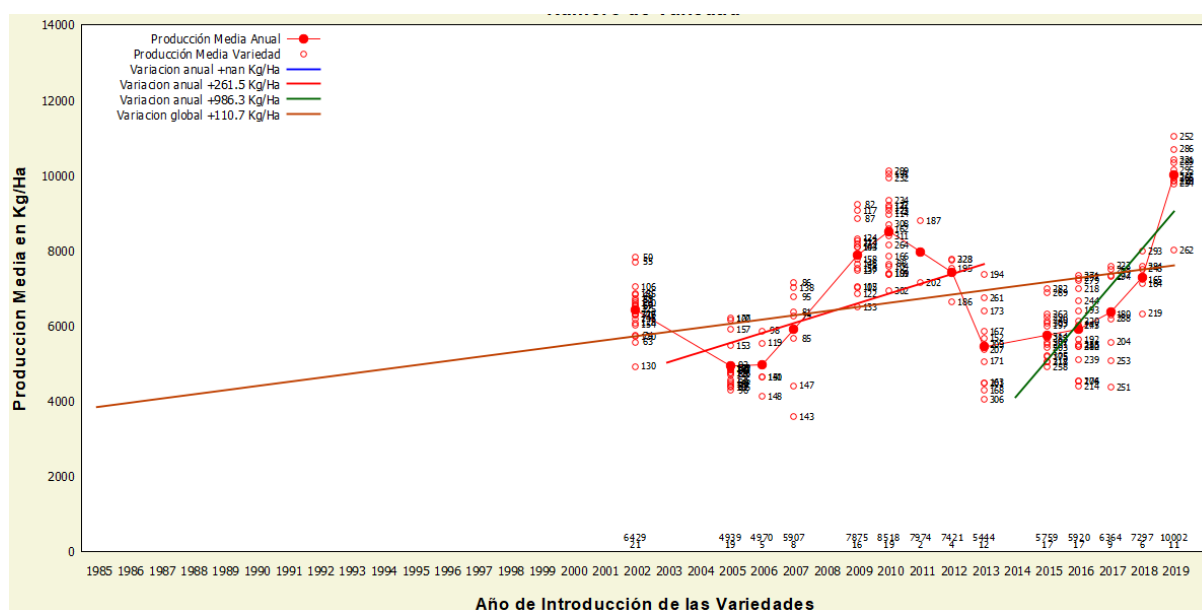


Figura 46. Rendimientos medios alcanzados por cada variedad en su año de introducción para las parcelas de ensayo de Jaca.

En Lupiñén (Figura 47) también se obtienen resultados favorables, con una tendencia creciente global de 104,6 kg/ha y año, si bien el ritmo de mejora se frena ligeramente en el último periodo.

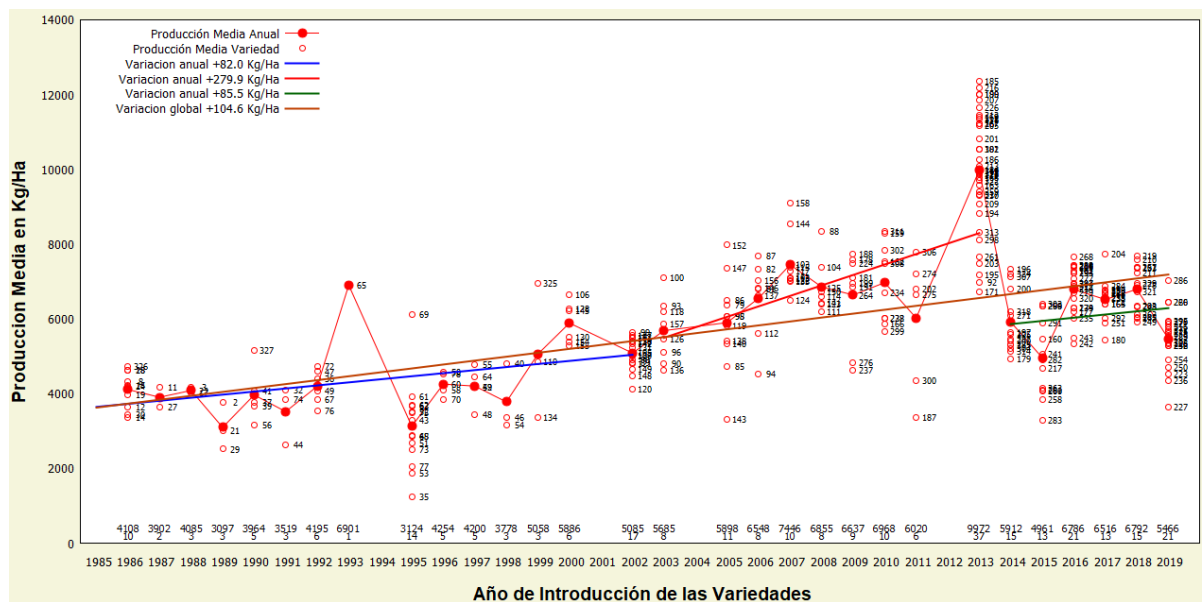


Figura 47. Rendimientos medios alcanzados por cada variedad en su año de introducción para las parcelas de ensayo de Lupiñén.

Used (Figura 48) se registra una tendencia negativa en todos los periodos, más acusada en el último. Posiblemente debido a la influencia que tiene el clima en esta zona, ya que, las temperaturas medias durante los meses de desarrollo del cultivo son bajas y con precipitaciones en los meses de abril, mayo y junio, como se puede ver en los climogramas del Anexo 7.3.4.

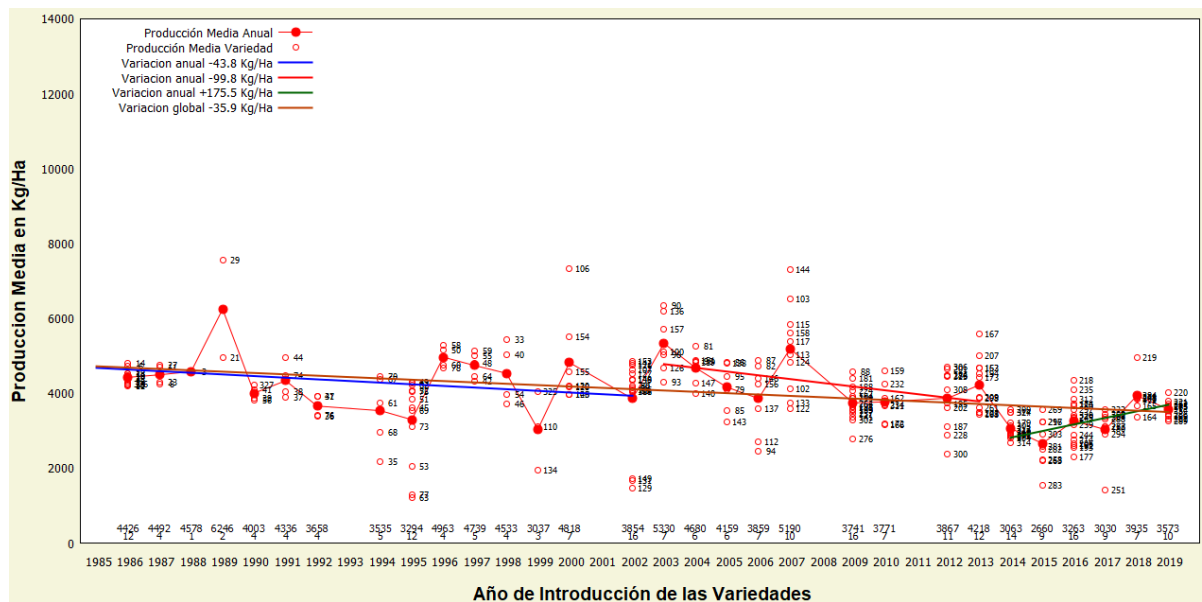


Figura 48. Rendimientos medios alcanzados por cada variedad en su año de introducción para las parcelas de ensayo de Used

Los resultados en Visiedo (Figura 49) también han sido negativos (-14 kg/ha y año), si bien la ausencia de datos de los últimos 4 años impide ver el comportamiento de las variedades introducidas en este último periodo. El periodo central, que en el resto de localidades tenía una tendencia creciente, en Visiedo es decreciente. Como se muestra en el climograma del periodo 2003-2007 (Figura 50), podría deberse a las precipitaciones de los últimos meses de desarrollo del cultivo, provocado un mal llenado del grano y favoreciendo las enfermedades fúngicas.

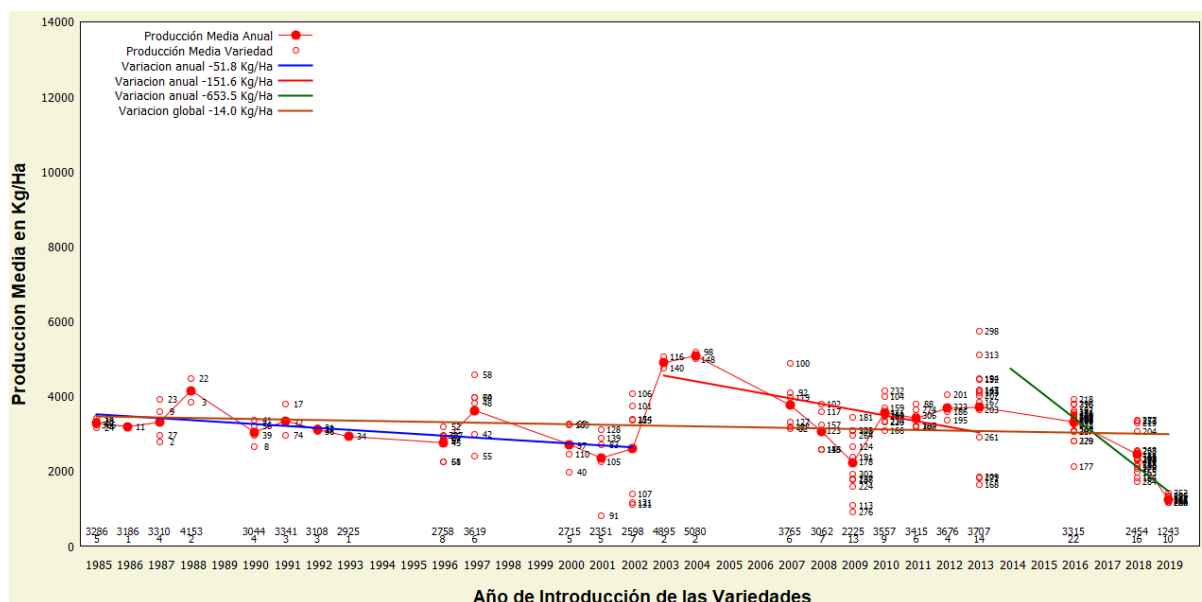


Figura 49. Rendimientos medios alcanzados por cada variedad en su año de introducción para las parcelas de ensayo de Visiedo

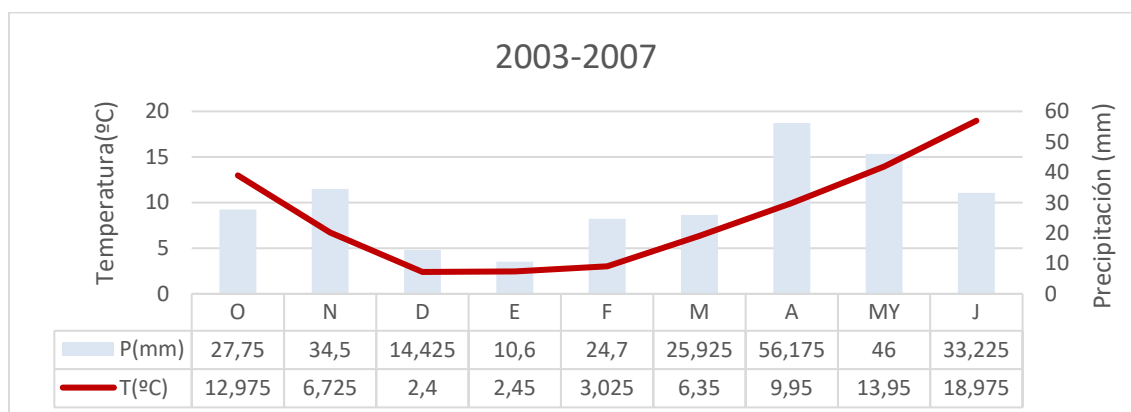


Figura 50. Climograma para el periodo 2003-2007 en la localidad de Visiedo.

En Zuera (Figura 51) el primer periodo no obtuvo resultados positivos (-109,3 kg/ha y año), el segundo periodo mostró una mejora de resultados con una tendencia creciente muy marcada (220,0 kg/ha y año), y el último periodo muestra una disminución muy leve de los rendimientos (-1,2 kg/ha y año).

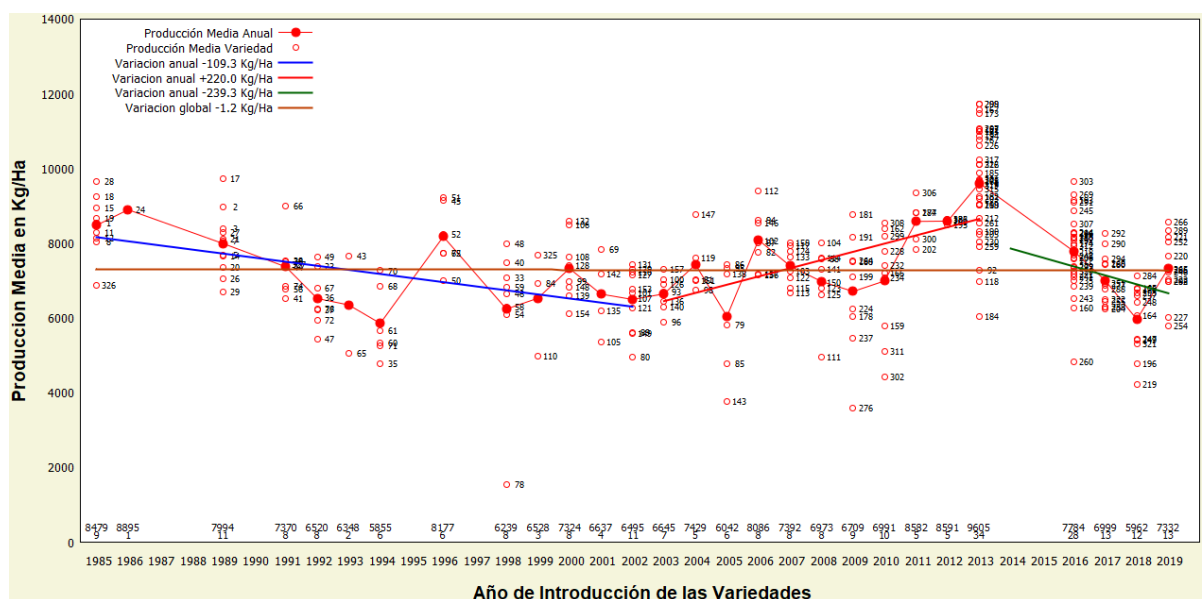


Figura 51. Rendimientos medios alcanzados por cada variedad en su año de introducción para las parcelas de ensayo de Zuera.

En Tauste (Figura 52), la tendencia global también es creciente (87,3 kg/ha y año). Como en el caso de Zuera, aunque en el primer periodo se obtuvieron resultados negativos (-49,2 kg/ha y año), en el segundo los resultados fueron muy buenos (+317.8 kg/ha y año). El valor negativo obtenido en el tercer periodo no se considera fiable por la ausencia de datos de las campañas 2015, 2017, 2018 y 2019.

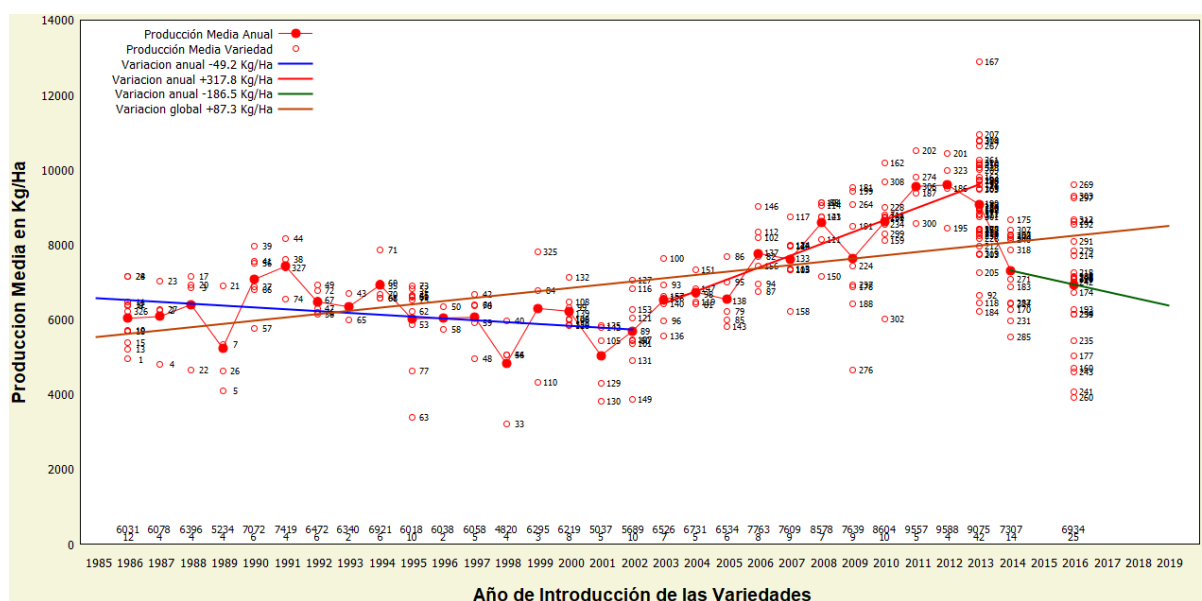


Figura 52. Rendimientos medios alcanzados por cada variedad en su año de introducción para las parcelas de ensayo de Tauste.

5. Conclusiones

En base a los datos de producción analizados, recogidos en ensayos con trigo blando realizados por el CTA durante el periodo 1985-2019 en seis localidades aragonesas, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. El factor localización, asociado principalmente a diferencias agroclimáticas (aunque no puedan descartarse diferencias en la calidad de la tierra, en las prácticas agrícolas utilizadas en cada zona, etc.), es el que mayor efecto tiene sobre los rendimientos de cultivo alcanzados. Los peores resultados corresponden a secanos áridos-semiáridos (Used y Visiedo), en los que los rendimientos globales han mostrado una tendencia decreciente, y los mejores a secanos subhúmedos (Lupiñén y Jaca). En el primer caso, sería recomendable ensayar otro tipo de especies, más rústicas o con mayor capacidad de adaptación que el trigo blando, como, por ejemplo, el centeno híbrido.
2. En el caso de los secanos subhúmedos (Lupiñén y Jaca) y zonas templadas con regadío (Zuera y Tauste), pese a los resultados menos favorables alcanzados en los últimos años (por el contexto de sequía), la mejora vegetal se ha traducido en mejoras muy significativas de los rendimientos: 104,6 y 110,7 kg/ha y año para Lupiñén y Jaca, respectivamente, y 87.3 kg/ha y año para Tauste. En el caso de Zuera, las variedades ensayadas en el periodo 2003-2013 lograron mejoras de rendimiento muy altas (220,0 kg/ha y año).
3. De las 327 variedades ensayadas, las correspondientes al periodo 2009-2019 son las que mejores rendimientos de cultivo han alcanzado. De entre ellas, las variedades MULHACEN, FD_03294, SOLVEIG, ATOMO, SOMCA, LUKULLUS, GADES y ALANDALUS parecen ser las más prometedoras, por lo que se recomienda que futuros estudios las incluyan.

6. Bibliografía

- ALBISU AGUADO, L. M., & ARBONA DIORRIOS, P. (1986). Repercusión de la entrada de España en la CEE sobre la producción de cereales y alfalfa en Aragón. Documento de trabajo 86/2 SIA. 30p
- CARRILLO, J. M. (2012) La mejora genética y la diversidad cultivada en trigo. La agrobiodiversidad como fuente de beneficio. 51-54p
- CARRILLO, J. M., VÁZQUEZ, J. F., QUIJANO, M. R., NIETO-TALADRIZ, M. T., RUIZ, M., GÓMEZ, M., & MARTÍNEZ, M. C. (2000). La mejora genética de la calidad en trigo blando y en trigo duro. I Seminario de mejora genética vegetal. Actas de mejora genética vegetal. Universidad de Santiago de Compostela. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. 81-92p
- CRUZ MONTES, R. A. M. I. R. O., & VEGA SOTELO, M. C. (2008). *EL CULTIVO DEL TRIGO (TRITICUM AESTIVUM)* (No. MONOGRAFIA LAGUNA SB191. W5. C78 2008). CUADRAT, J. M., SAZ, M. A., & VICENTE-SERRANO, S. M. (2007). Atlas climático de Aragón. *Gobierno de Aragón*. 213p
- CUBERO SALMERÓN, J. I. (2013). Introducción a la mejora genética vegetal. Mundi-Prensa Libros. 602p
- GARCÍA, A. G. (1999). *Cultivos herbáceos extensivos*. Mundi-Prensa Libros
- GENVCE (2016) Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos. <http://www.genvce.org/> Consultada el 20 de noviembre
- GOBIERNO DE ARAGÓN. Departamento de estadísticas agrarias. <http://www.aragon.es>. Fecha de última consulta 24 de noviembre de 2019.
- GONZÁLEZ, L. M., ARGENTEL, L., ESTRADA, A., SALDIVAR, N., & RAMÍREZ, R. (2005). Evaluación de la tolerancia a la sequía en genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) obtenidos en cuba por inducción de mutaciones. *Cultivos tropicales*, 26(3). 6p
- GUTIÉRREZ, M. (2019) Orientaciones varietales para las siembras de cereales en Aragón. Cosecha 2019
- GUTIÉRREZ, M. (2017) Orientaciones varietales para las siembras de cereales en Aragón. Cosecha 2017
- JUÁREZ, Z. N., BÁRCENAS-POZOS, M. E., & HERNÁNDEZ, L. R. (2014). El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento. Temas selectos de ingeniería de alimentos, 8(1), 79-93. 14p
- LÓPEZ BELLIDO, L. (1991). Cultivos herbáceos. Vol.I. Mundi-Prensa Libros. 539p
- MEZA PETER, L. (1997). Los cultivos herbáceos en el secano de Aragón. Evaluación de objetivos productivistas y ambientales en el contexto de la PAC. Documento de trabajo. 235p
- OLÁN, M. D. L. O., ESPITIA RANGEL, E., LÓPEZ SÁNCHEZ, H., VILLASEÑOR MIR, H. E., PEÑA BAUTISTA, R. J., & HERRERA HERNÁNDEZ, J. (2012). Calidad física de grano de trigos harineros (*Triticum aestivum* L.) mexicanos de temporal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2), 271-283p.
- OLMEDO, F. G., SANZ-MAGALLÓN, G., PALMA, E. M., & BARATO, P. (2001). La agricultura española ante los retos de la biotecnología. Instituto de estudios económicos. 288p
- OSCA LLUCH, J. M., & LLUCH, J. M. O. (2013). Cultivos herbáceos extensivos: cereales. Universidad Politécnica de Valencia.
- PEÑA, R. J., ORTÍZ-MONASTERIO, J. I., & SAYRE, K. D. (1998). Estrategias para mejorar (o mantener) la calidad panadera en trigo de alto potencial de rendimiento. Explorando altos rendimientos de trigo, 289-306.
- PLANA, R., ÁLVAREZ, M., & VARELA, M. (2006). Evaluación de una colección del género *Triticum*: trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp *aestivum*), trigo duro (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) y *Triticale* (x *triticum secale wittmack*) en las condiciones del occidente de cuba. *Cultivos tropicales*, 27(4).

- PRATS, J., & CLEMENT-GRANDCOURT, M. (1969) Los cereales/por Jacques Prats y m. Clement-Grandcourt; vers. Española y notas de Juan Ignacio de la vega (NO. 633.1 P737C.).
- SCHEEREN, P.L, de CASTRO, R. L., & CAIERAO, E. (2015). Botânica, morfologia e descrição fenotípica. In: BOREM, A.; SCHEEREN, P.L.(Org). Trigo do plantio à colheita. Viçosa, MG: UFV,. Cap 2. Pag 35-45.
- SOLÍS MOYA, E., VILLASEÑOR MIR, H. E., MOLINA GALÁN, J., ESPITIA RANGEL, E., CERVANTES SANTANA, T., & MARTÍNEZ GARZA, A. (2002). Selección masal visual recurrente para rendimiento de grano en una población droestéril de trigo harinero. Agrociencia, 36(2).

7. Anexos

7.1. Tabla con las diferentes variedades objeto de estudio

Año Introducción	Producción media	Nº Ensayos	Nombre
1985	6477	7	ABLACA
1987	5746	11	ABOUKIR
1988	5340	23	ADALID
1987	4803	3	ALCOTAN
1989	5880	2	ALDEANO
1986	4718	4	ALUD
1985	5244	28	ANZA
1987	3593	2	ARAGON03
1986	5714	3	ARANDA
1985	5494	17	ARCOLE
1985	4890	20	ASTEROID
1986	4870	8	ASTRAL
1986	4788	5	CAPITOL
1985	5783	12	CARDENO
1986	4481	5	CARGIFAR
1988	6171	11	DOLLAR
1985	5180	19	FESTIN
1985	5402	15	FIEL
1988	7064	15	GARANT
1989	5524	11	GOELLENT
1988	4352	7	LODI
1987	5396	17	MANERO
1985	5255	25	NOVISAD
1986	4248	20	PANE-247
1989	5435	3	PEÑAFIEL
1987	4897	20	PISTOU
1985	5586	28	RECITAL
1989	5582	3	SPLENDEU
1986	3880	7	TITAN
1992	3615	5	ABENTAL
1991	3689	6	ABROJO
1998	5242	3	ALAIZ
1993	2925	1	ALAUN
1994	4026	6	ALBINONI
1992	4705	10	ALCE
1990	4714	14	ALFORI
1991	6597	11	ALMIRANT
1990	5069	19	ALODA
1998	5533	17	ALTRIA
1990	5133	34	AMIRO
1997	4533	4	ARFOR
1993	5744	17	BABEL
1991	5773	8	BISON
1995	4580	11	BOLERO
1998	4691	8	BORGONA
1992	4926	9	BRIGIO
1997	4772	8	BUFALO
1992	5826	22	CATRAL
1996	5884	22	ETECHO
1995	4720	8	EUREKA

1995	4819	12	FUEGO
1995	3260	3	GASCOGNE
1998	4568	8	GONZALO
1997	4460	11	GUADALUP
1990	5145	15	HUGO
1996	5106	11	MANDA
1997	5598	18	ORACLE
1994	5507	9	ORQUAL
1994	4495	22	PARADIS
1995	4850	16	PASCAL
1995	3195	7	PINZON
1997	4811	4	QUALITAL
1993	5796	5	REDMAN
1992	5210	25	RUDO
1994	4571	11	RUM-33
1995	5458	25	SARINA
1994	5463	25	SIDERAL
1994	6556	2	TEXEL
1992	5950	8	TITIEN
1995	4166	6	TORYSA
1991	4785	34	TRAJANO
1995	5395	19	TREMIE
1992	5083	12	TRENTO
1995	2656	3	TRIBEL
1996	4649	9	VICTO
2005	5712	14	ABATE
2002	4860	9	ACADEMIE
2004	6318	16	ACIENDA
2006	6523	19	AGUILA
2001	2704	2	ALICANTE
1999	6853	6	AMAROK
2005	4941	5	ANAPO
2005	6756	20	ANDALOU
2006	7055	9	ANDELOS
2008	7217	20	ANDINO
2002	5012	17	APACHE
2003	5213	3	APRILIO
2001	819	1	ARPEGE
2007	6648	16	ARTUR_NICK
2003	5845	20	ATILIO
2006	5631	4	ATTLASS
2005	6294	14	AUBOUSON
2003	5262	14	AUTAN
2000	2667	1	AZUELO
2004	6027	23	BASTIDE
2000	5801	25	BERDUN
2003	6624	36	BOKARO
2002	4953	22	BOLOGNA
2006	6587	32	BOTICELLI
2007	7333	8	BRAMANTE
2008	7139	17	BUENO
2001	4589	23	CARAMBA
2000	5973	9	CEZANNE
2002	5083	13	CHATELET
2000	7038	4	COLFIORI

Tabla con las diferentes variedades objeto de estudio

2000	3239	5	CRACLIN
1999	4298	13	CROUSTY
2008	6427	3	EMESE
2006	6514	4	EPIDOC
2007	6362	13	EQUILIBRE
2008	7417	16	EXOTIC
2007	6313	14	FIORENZO
2002	5681	24	GANDHI
2007	7017	24	GARCIA
2003	6490	12	GAZUL
2004	5883	20	GURU
2000	4445	4	HORZAL
2002	5178	19	INDOR
2007	5937	58	INGENIO
2008	6119	19	INNOV
2007	6613	24	INOUI
2008	6726	2	INOUI-1
2003	5730	18	KALANGO
2002	5726	32	KUMBERRI
2000	5270	15	LEGION
2001	4474	5	MALTUS
2000	4610	4	MATANZA
2002	4064	5	MILANO
2000	7856	2	NELA
2007	5872	51	NOGAL
1999	2656	2	ORION
2001	6013	2	ORNICAT
2003	5569	9	PADERNO
2006	5954	45	PALEDOR
2005	6119	14	PISTOLER
2000	5247	26	PLETHORE
2003	5429	17	POSITANO
2008	7178	16	PREMIO
2001	5780	15	PROVINCI
2005	3939	5	QUATRO
2007	7968	5	RAFI
2000	5316	5	RESULTON
2006	6793	29	RODRIGO
2004	6401	19	ROISSAC
2000	5551	21	SERIO
2002	3956	4	SIMBA
2008	6938	6	SOGOOL
2004	5958	8	SUBFTIL
2005	7200	11	SUBLIM
2002	5830	17	TERRON
2000	5521	18	TIBET
2000	5318	5	TIGRE
2006	6668	21	TRIMAX
2003	6228	27	TROCADERO
2007	7343	5	TROFEO
2010	6306	6	03-SI-0130
2015	5473	4	08THES2162
2018	7367	1	ACCROC
2010	7056	21	ADAGIO
2013	7881	8	ADHOC

2017	5085	11	ADRIATIC
2017	5313	11	ADVISOR
2010	6170	16	AEROBIC
2013	8490	6	AGAPE
2013	6537	9	AKIM
2013	9973	3	ALANDALUS
2014	6271	1	ALGIDO
2013	5928	12	ALHAMBRA
2010	6195	2	ALPINO
2013	7620	9	ALTAMIRA
2016	5456	6	ALTEZZA
2014	5027	6	AMADEUS
2019	5328	1	AMBROGIO
2016	4871	6	ANDALUSIA
2009	5278	10	ANDANA
2013	5080	8	ARABELLA
2017	5064	14	ARAYO
2009	6846	24	AREZZO
2013	9574	3	ARGOT
2014	6871	1	ARPION
2013	7675	5	ATAE
2013	10643	3	ATOMO
2012	6879	12	AVELINO
2011	6689	10	AVISO
2009	5515	5	AZRAEL
2012	9520	4	AZUL
2013	9801	3	BADIEL
2009	6562	16	BANDERA
2016	5936	10	BASILIO
2016	6035	10	BASMATI
2013	7647	9	BELSITO
2012	6380	35	BONIFACIO
2014	6047	2	BORDURA
2014	5232	6	CALABRO
2013	9504	3	CALIFA
2009	6283	25	CAMARGO
2014	6193	3	CANDELO
2012	7069	10	CARLES
2011	6254	28	CHAMBO
2013	6227	14	CIPRES
2017	5428	9	COMPLICE
2013	8893	3	CONIL
2016	5486	10	COSMIC
2013	8035	6	CRUZADO
2019	5355	1	DENICIUS
2013	7225	9	DIAMENTO
2018	7579	1	DONJON
2018	7218	1	ELETTA
2013	9360	3	ENEAS
2013	9148	3	ESCACENA
2016	5561	10	FALADO
2019	5663	1	FANTOMAS
2013	10796	3	FD_03294
2015	4319	3	FD_10065
2016	6282	6	FD_11099

Tabla con las diferentes variedades objeto de estudio

2018	5292	5	FD_14_WW_060
2019	5826	5	FD_15_WW_067
2019	5892	5	FD_15_WW_076
2017	5422	13	FILON
2019	5780	2	FLISH
2009	5361	5	FORTIN
2019	5528	1	GABRIO
2013	10139	3	GADES
2019	4816	2	GALERA
2010	6385	13	GALPINO
2018	6949	1	GIORGIONE
2013	8783	3	GRANOTA
2014	5965	1	GUADALETE
2010	6968	11	IDALGO
2018	7357	1	ILARIA
2010	6208	14	ILLICO
2016	5220	6	IPON
2019	4346	1	KLIMA
2009	4448	5	KOLO
2017	6424	6	LAGASCA
2016	5148	15	LAVANDOU
2014	5180	6	LAZARO
2015	5324	4	LCS-STAR
2016	6602	5	LG_ACORAZADO
2016	5717	5	LG_AFICION
2016	6155	17	LG_ALBUFERA
2016	5962	6	LG_AMEREX
2019	6251	2	LG_ANTIQUE
2018	5723	4	LG_ARROBA
2018	5283	10	LG_FILOSOFO
2018	5660	4	LG_HURACAN
2019	4711	1	LG_HURACAN_2
2017	4646	4	LG_MAURO
2019	5902	5	LG_QUORUM
2017	5087	9	LG_ROSENDO
2019	5033	5	LG_RUFO
2017	6506	4	LG_TRAFALGAR
2013	10142	1	LUKULLUS
2018	6981	4	MACARENO
2015	3654	3	MADIVA
2013	8507	3	MAGUILLA
2015	4217	4	MARCHENA
2013	6395	32	MARCOPOLO
2018	5282	6	MAUPASSANT
2015	4219	3	MBI-313
2009	6446	22	MECANO
2018	5704	6	MONTECRISTO_CS
2019	5904	5	MUFASA
2013	10865	3	MULHACEN
2016	6059	15	NEMO
2015	6197	9	NUDEL
2019	5922	1	OBIWAN
2014	5374	11	OREGRAIN
2019	5714	1	ORLOGE
2019	5598	1	OVALIE_CS

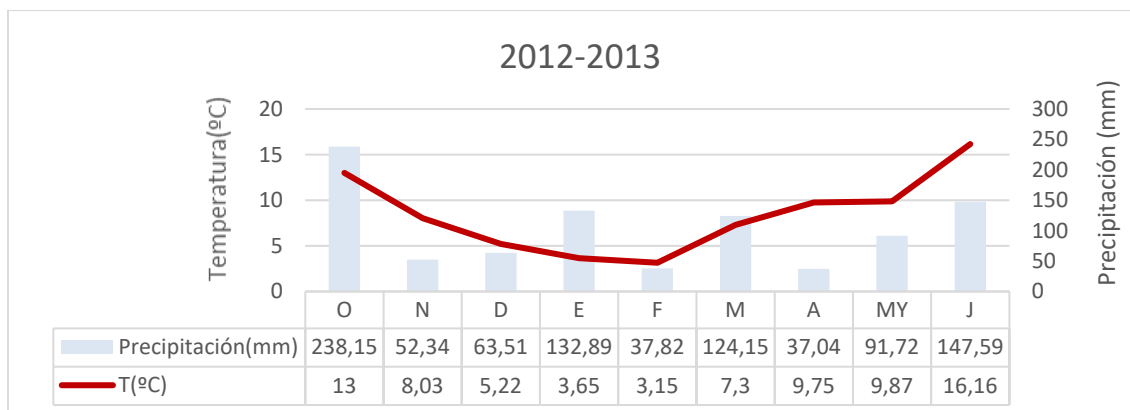
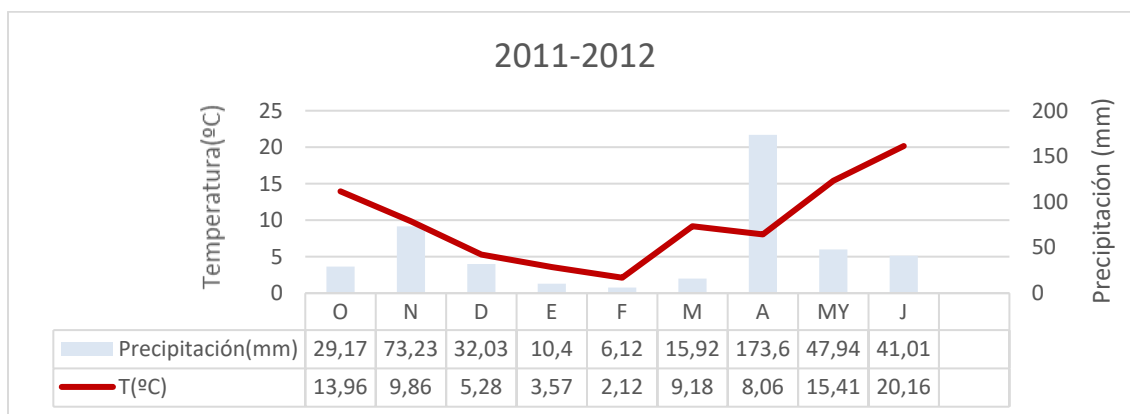
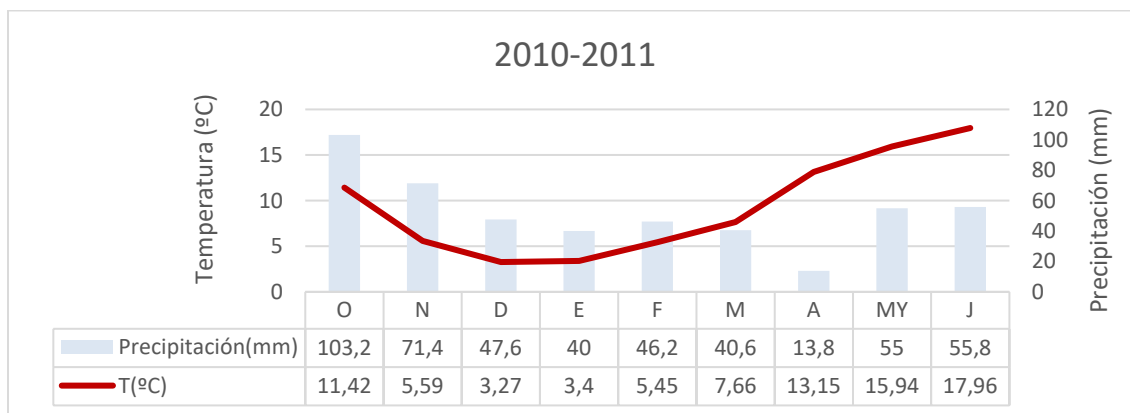
2009	7095	15	OVALO
2011	7839	4	PALESIO
2009	3347	5	PARAGON
2016	5902	13	PIBRAC
2018	5458	9	PORTICCIO
2016	5666	19	RGT_ALGORITMO
2016	5891	6	RGT_ALTAVISTA
2015	4051	3	RGT_BAMBU
2015	4802	3	RGT_CANDELO
2015	3500	3	RGT_CASTELNO
2017	5577	11	RGT_CESARIO
2014	5381	3	RGT_COSACO
2019	5918	5	RGT_ENEBRO
2014	5792	3	RGT_MIKELINO
2017	5232	14	RGT_MONTECARLO
2019	5753	5	RGT_PAISANO
2017	7372	2	RGT_PARAISO
2015	7239	4	RGT_PISTOLO
2017	7132	2	RGT_POBLADO
2018	5437	10	RGT_QUIRIKO
2016	5820	16	RGT_SACRAMENTO
2019	5608	5	RGT_SOLFERINO
2015	5458	8	RGT_SOMONTANO
2016	5945	20	RGT_TOCAYO
2013	7277	10	RIMBAUD
2009	6596	12	SANTOYO
2011	5801	8	SCALEO
2013	9665	3	SENSAS
2009	4455	8	SOBALD
2015	5905	9	SOBERBIO
2014	4838	5	SOBRED
2013	5948	7	SOFRU
2011	6867	14	SOLEDAD
2014	5847	16	SOLEHIO
2009	6819	20	SOLLARIO
2013	10777	1	SOLVEIG
2013	10189	1	SOMCA
2010	6300	6	SORRIAL
2016	6254	9	SOTHYS_CS
2013	7024	8	SY_ALTEO
2013	6123	7	SY_MOISSONS
2013	9698	3	TEJADA
2019	5774	1	TENOR
2013	8323	6	TIEPOLO
2014	5468	16	TOSKANI
2013	9083	3	TREBUJENA
2016	5535	6	TRIBAT
2018	6015	4	TUJENA
2013	9136	4	VALBONA
2012	7183	11	VIRIATO
2014	5708	3	ZEPHYR
1999	6164	99	ISENGRAIN
1985	5177	120	MARIUS
1990	5699	108	SOISSONS

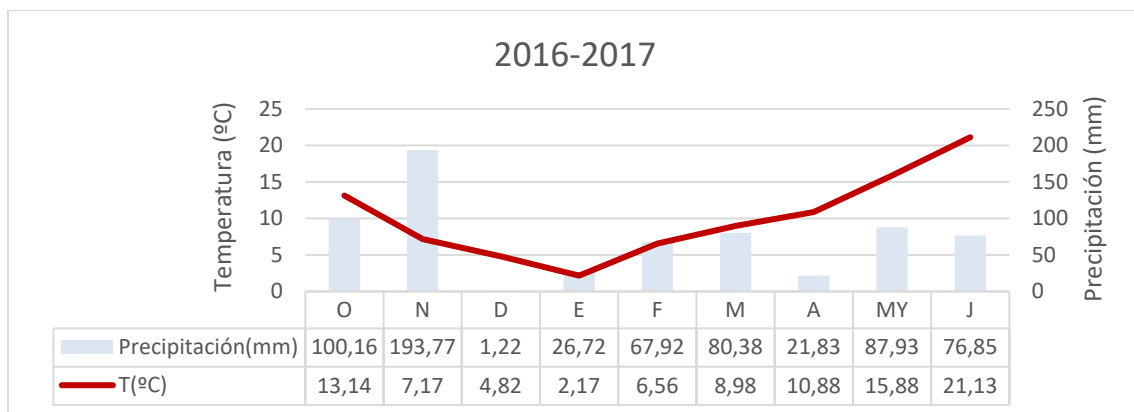
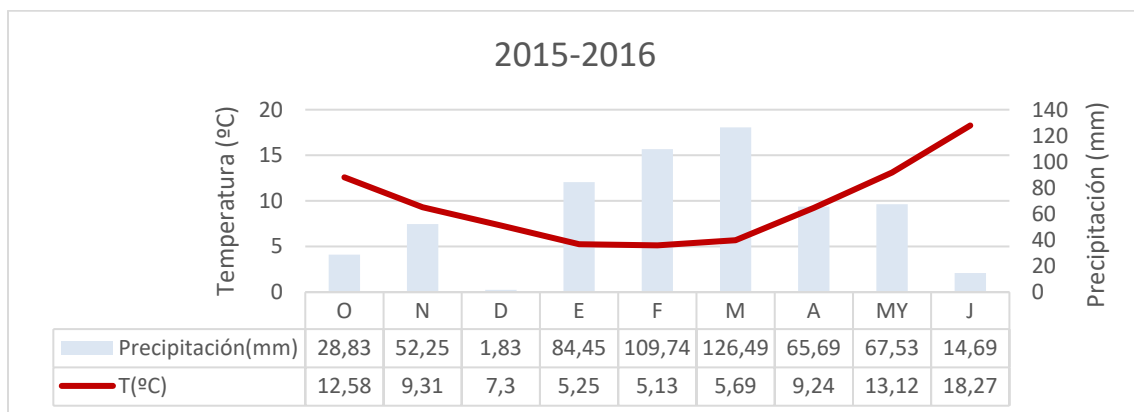
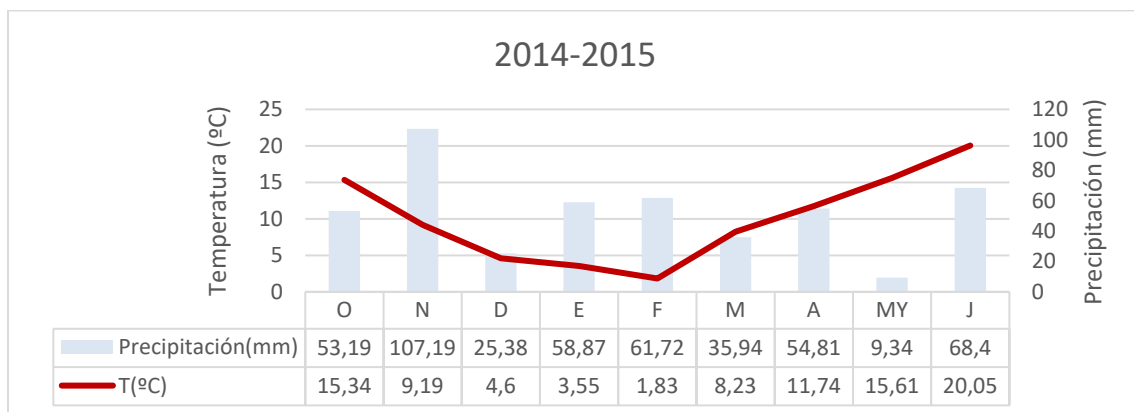
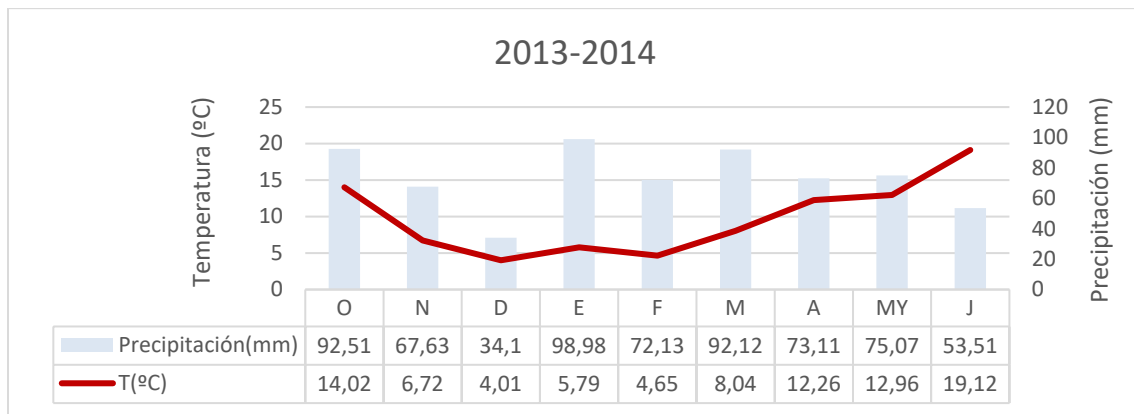
7.2. Croquis del diseño experimental empleado en Used

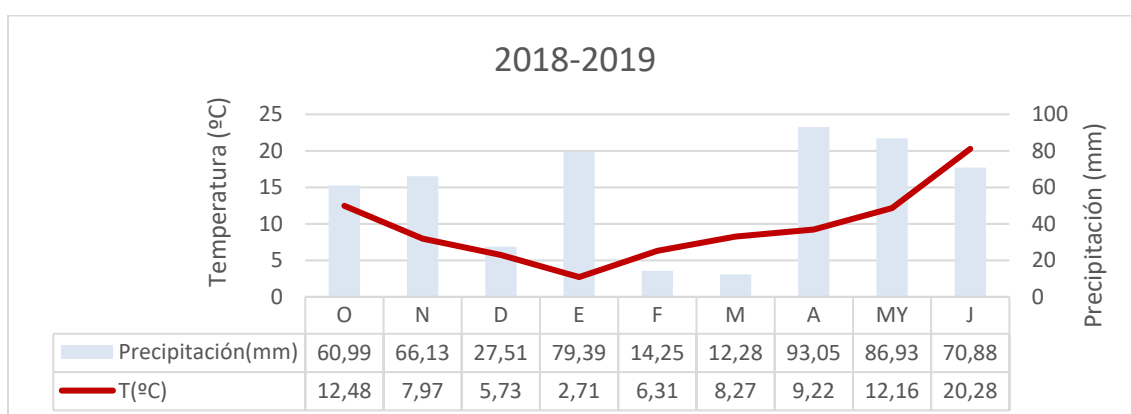
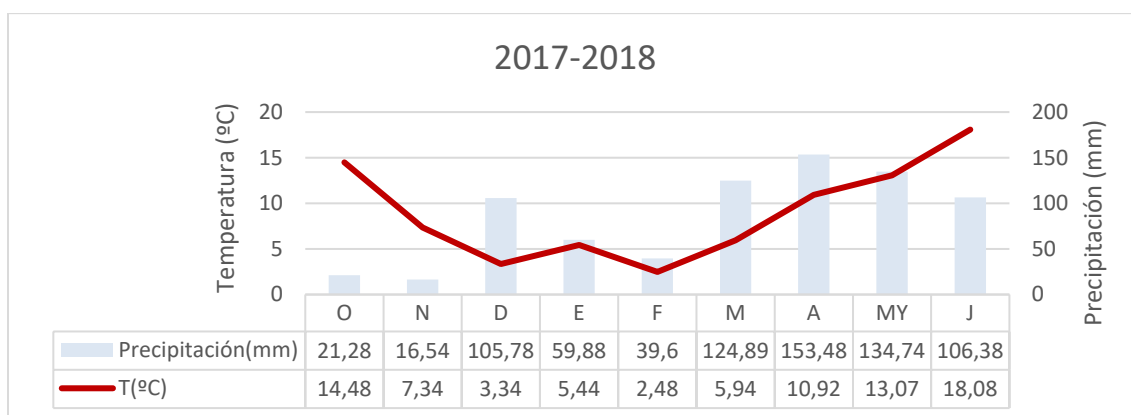
BORDURA							
1	ISENGRAIN	29	ARAYO	57	NOGAL	85	LG MAURO
2	BOTTICELLI	30	BONIFACIO	58	RGT MONTECARLO	86	BASMATI
3	LG MAURO	31	MARCOPOLO	59	NEMO	87	COSMIC
4	LAVANDOU	32	COSMIC	60	ISENGRAIN	88	FALADO
5	RGT TOCAYO	33	PIBRAC	61	BOTTICELLI	89	MARCOPOLO
6	BASMATI	34	TOSKANI	62	LG ALBUFERA	90	PIBRAC
7	ARABELLA	35	BASILIO	63	INGENIO	91	COMPLICE
8	CAMARGO	36	FALADO	64	CHAMBO	92	RGT SACRAMENTO
9	SOLEHIO	37	RGT ALGORITMO	65	BASILIO	93	CAMARGO
10	LG ROSENDO	38	FILON	66	ARABELLA	94	TOSKANI
11	LG ALBUFERA	39	INGENIO	67	BONIFACIO	95	LG ROSENDO
12	COMPLICE	40	RGT SACRAMENTO	68	SOLEHIO	96	FILON
13	CHAMBO	41	NOGAL	69	RGT ALGORITMO	97	LAVANDOU
14	NEMO	42	RGT MONTECARLO	70	ARAYO	98	RGT TOCAYO
15	MARCOPOLO	43	ISENGRAIN	71	RGT TOCAYO	99	NOGAL
16	ARAYO	44	LAVANDOU	72	FALADO	100	NEMO
17	FALADO	45	SOLEHIO	73	LAVANDOU	101	BASILIO
18	TOSKANI	46	BOTTICELLI	74	LG ROSENDO	102	RGT MONTECARLO
19	COSMIC	47	CHAMBO	75	LG MAURO	103	RGT ALGORITMO
20	INGENIO	48	BASMATI	76	PIBRAC	104	ARABELLA
21	BASILIO	49	LG ROSENDO	77	TOSKANI	105	SOLEHIO
22	RGT ALGORITMO	50	COMPLICE	78	FILON	106	CHAMBO
23	FILON	51	LG ALBUFERA	79	COMPLICE	107	BONIFACIO
24	BONIFACIO	52	RGT TOCAYO	80	MARCOPOLO	108	LG ALBUFERA
25	PIBRAC	53	NEMO	81	BASMATI	109	ARAYO
26	RGT SACRAMENTO	54	ARABELLA	82	CAMARGO	110	INGENIO
27	RGT MONTECARLO	55	LG MAURO	83	COSMIC	111	BOTTICELLI
28	NOGAL	56	CAMARGO	84	RGT SACRAMENTO	112	ISENGRAIN
BORDURA							

7.3. Climogramas

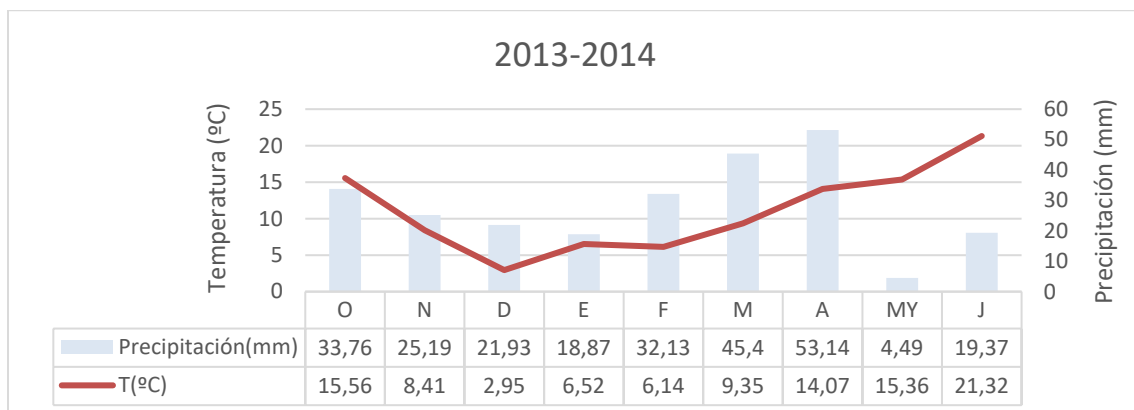
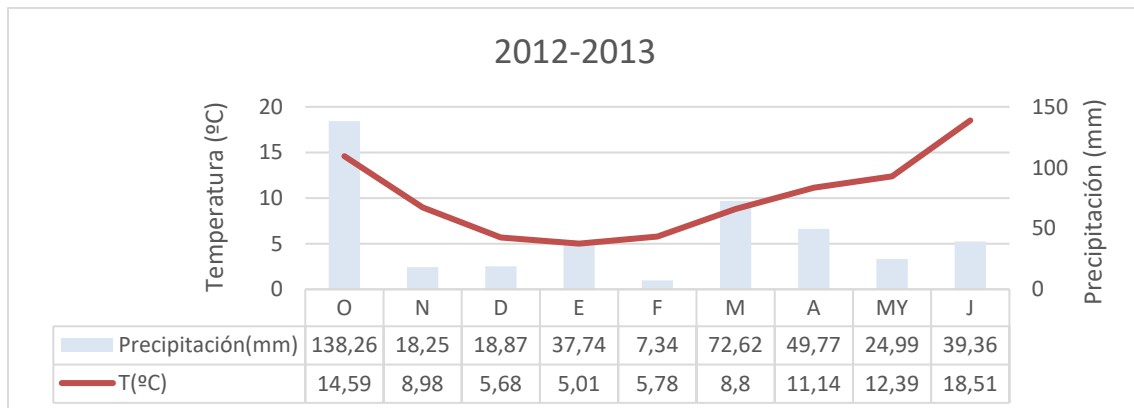
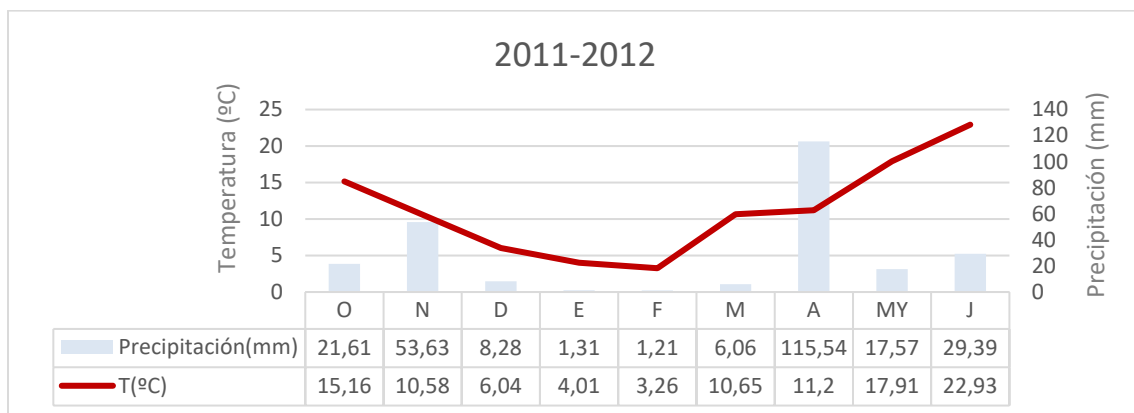
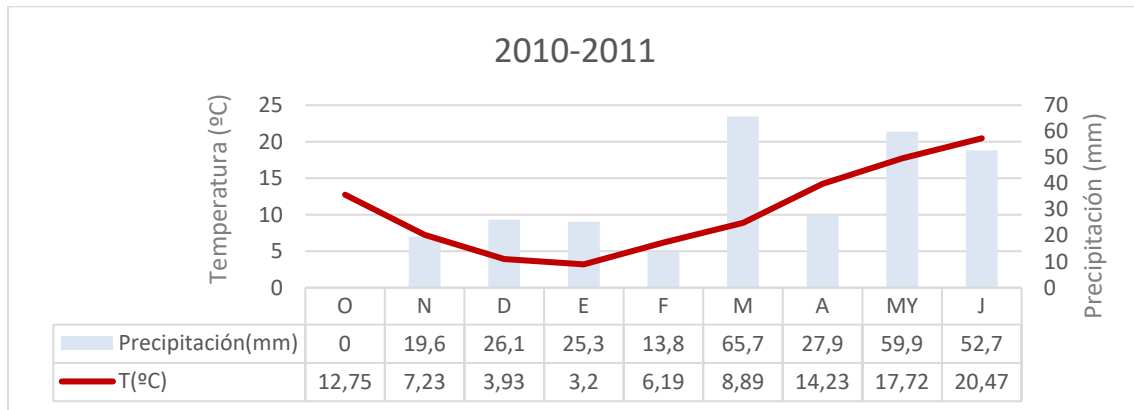
7.3.1. Climogramas Santa Cilia de Jaca (2010-2019)

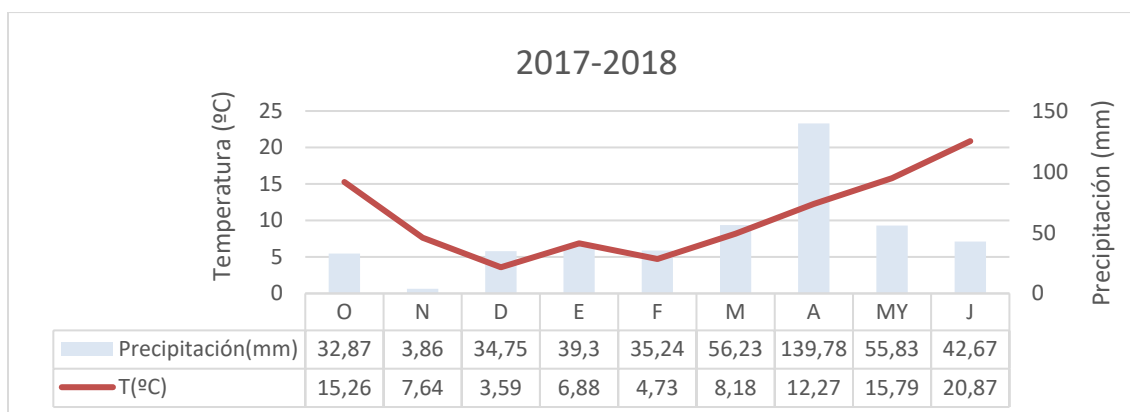
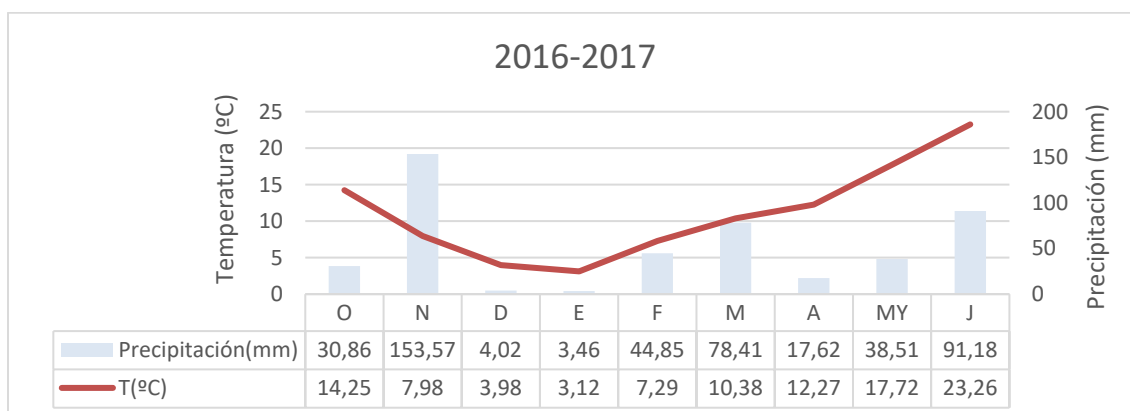
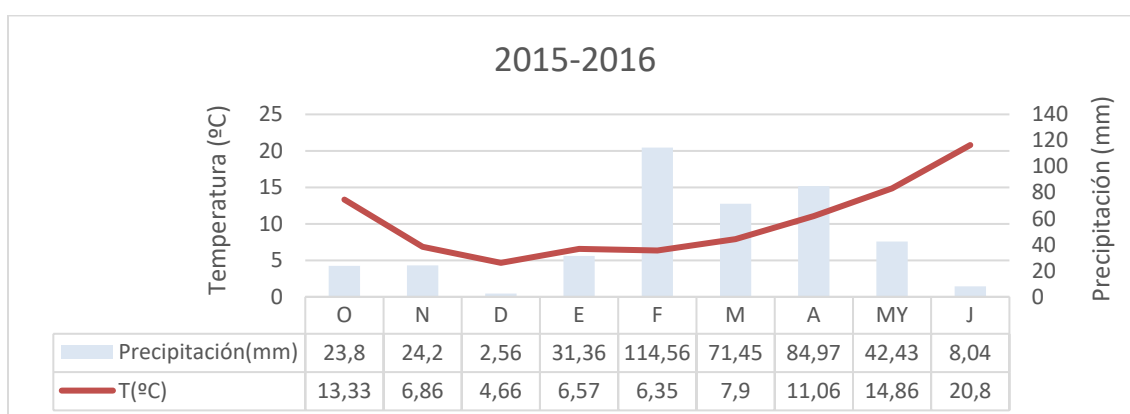
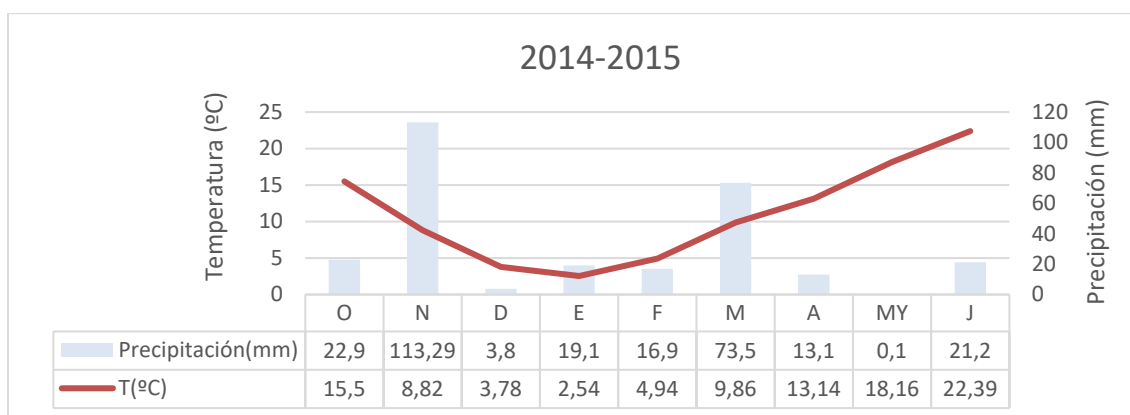


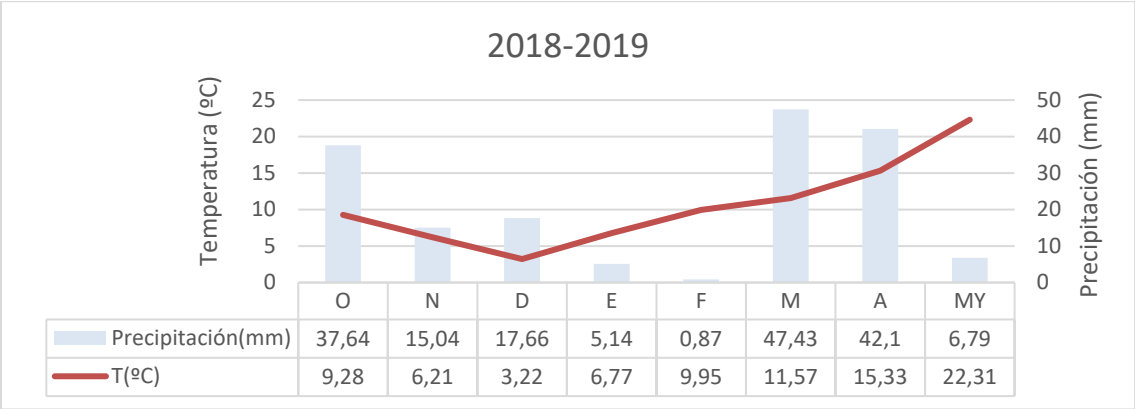




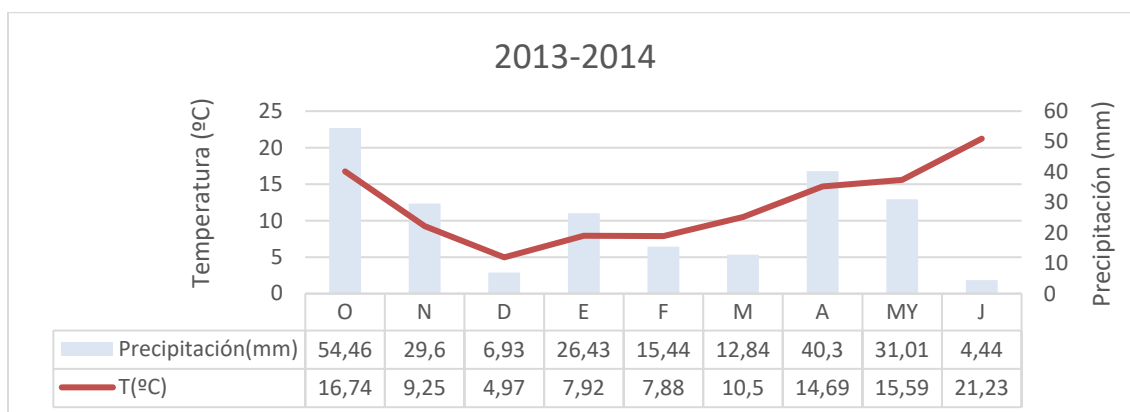
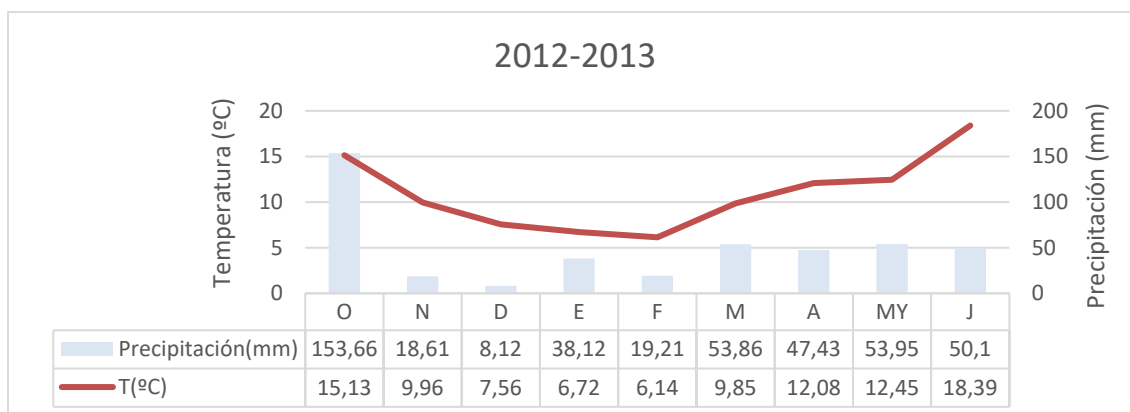
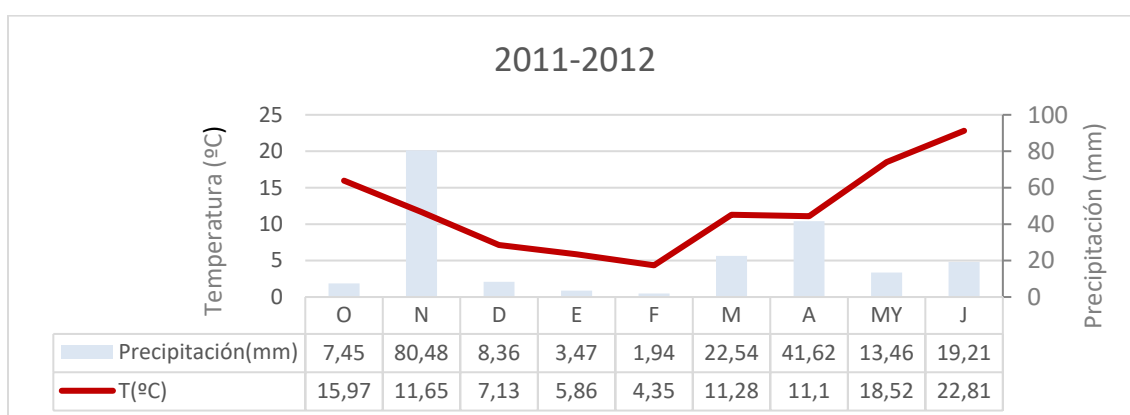
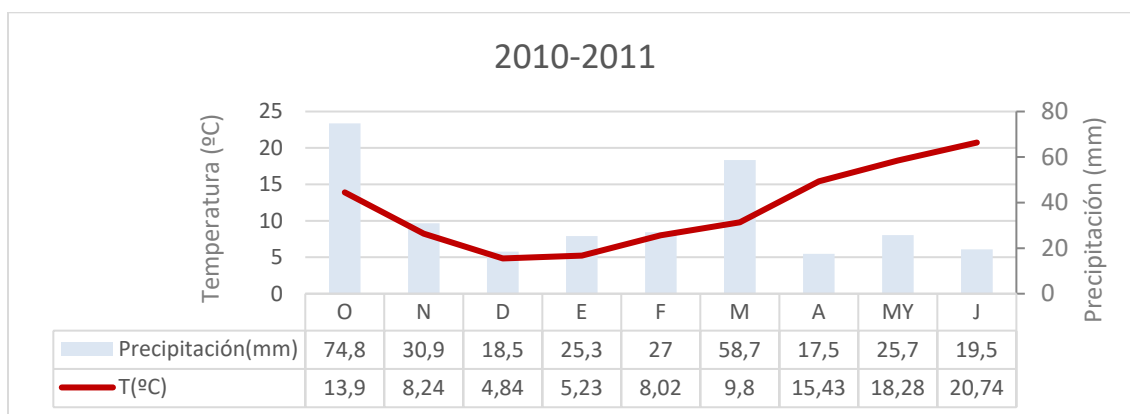
7.3.2. Climogramas Huesca-Lupiñén (2010-2019)

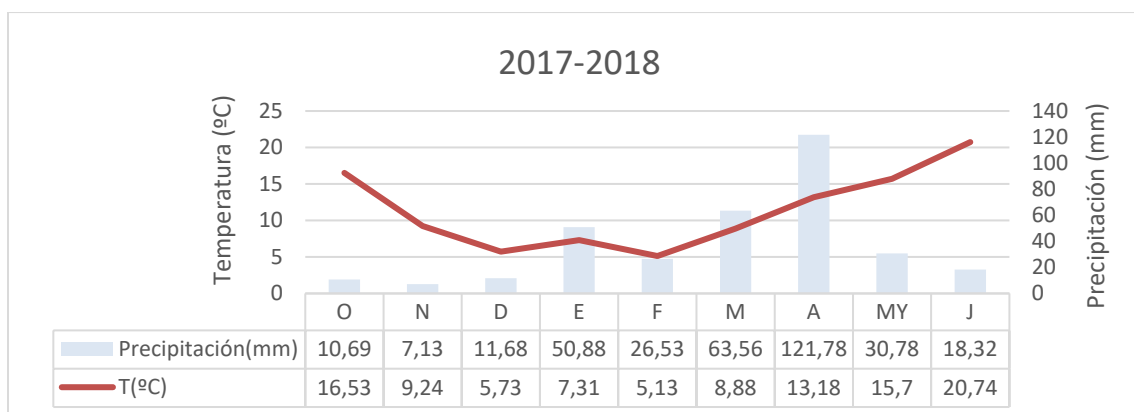
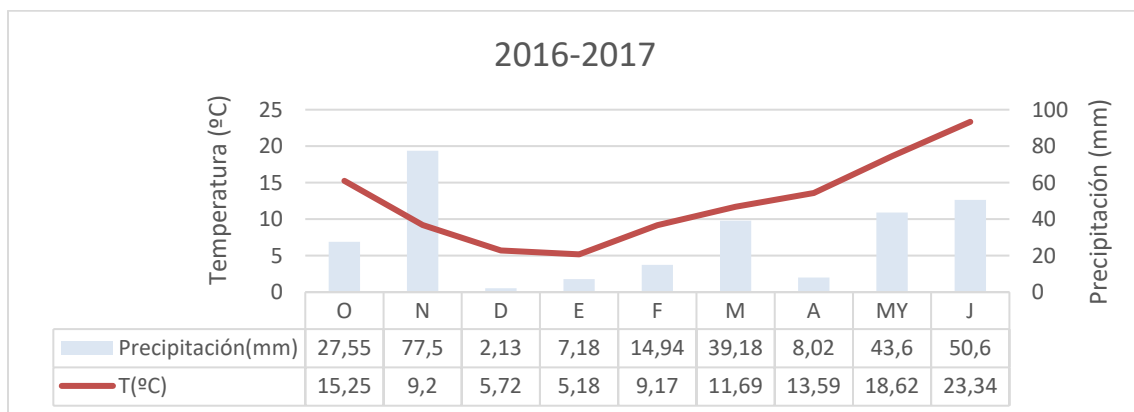
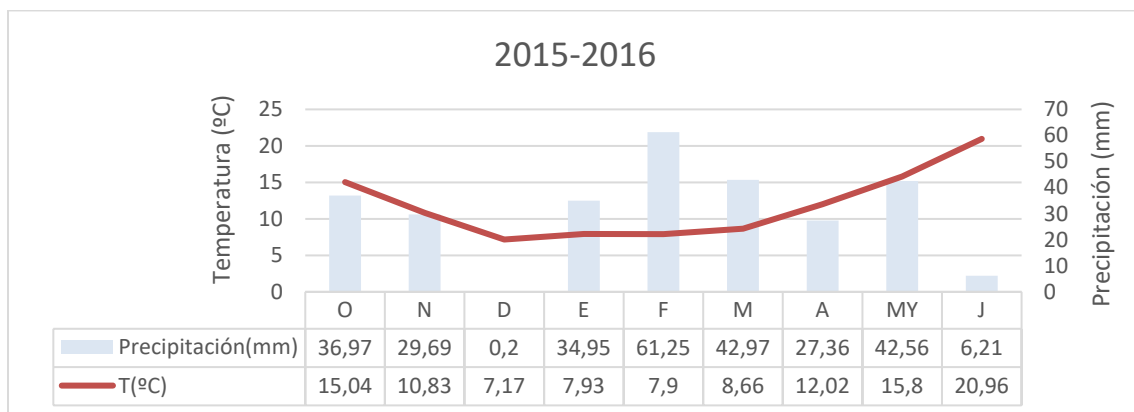
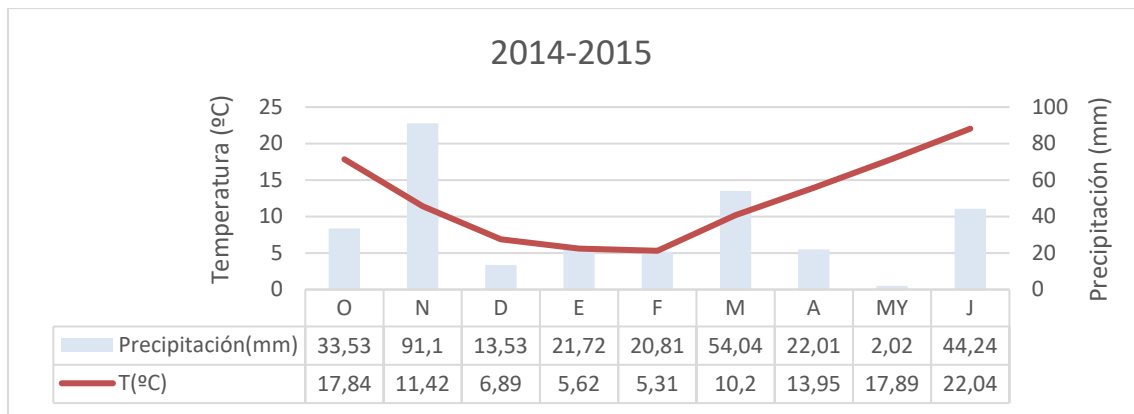


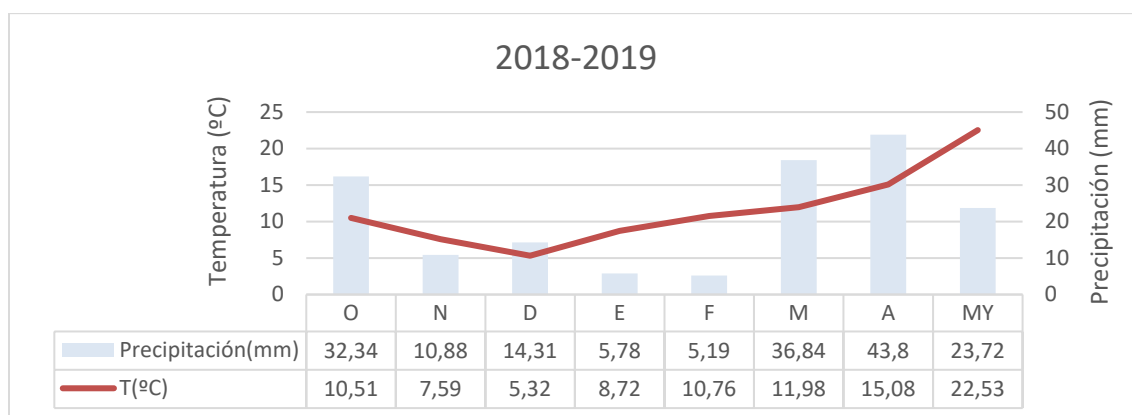




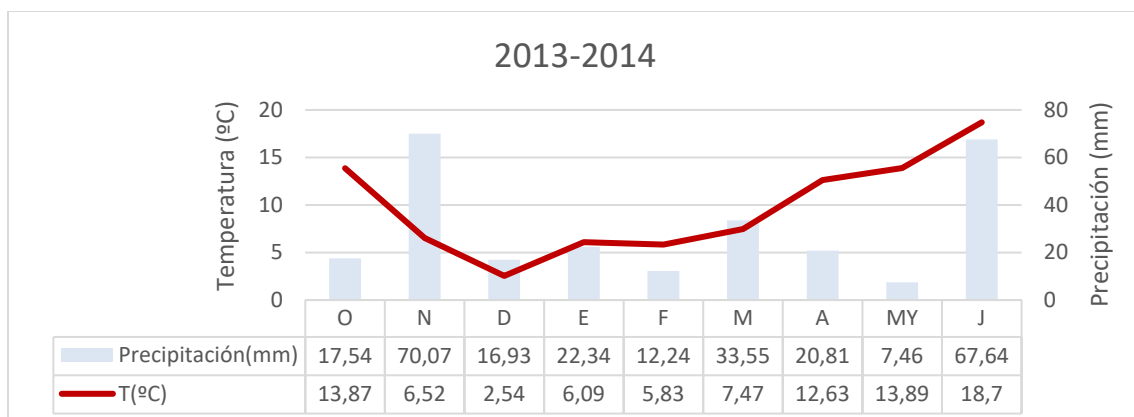
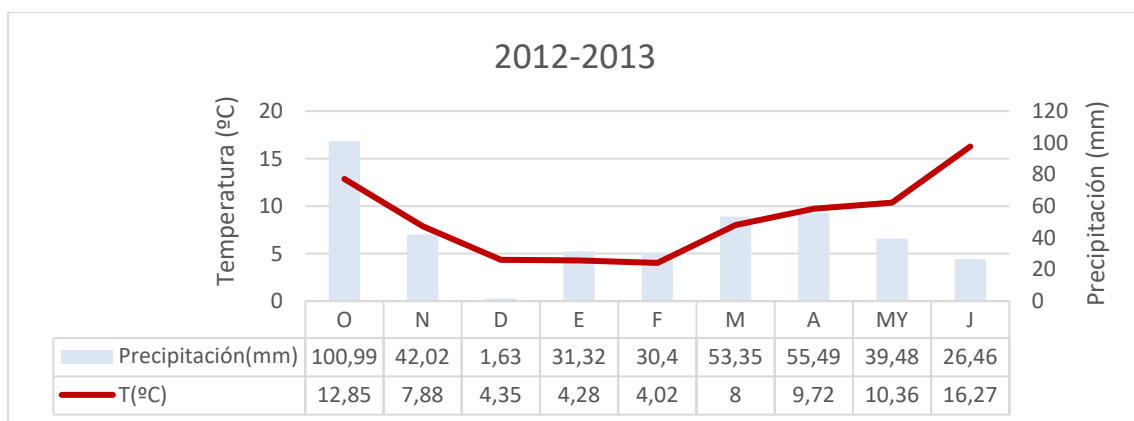
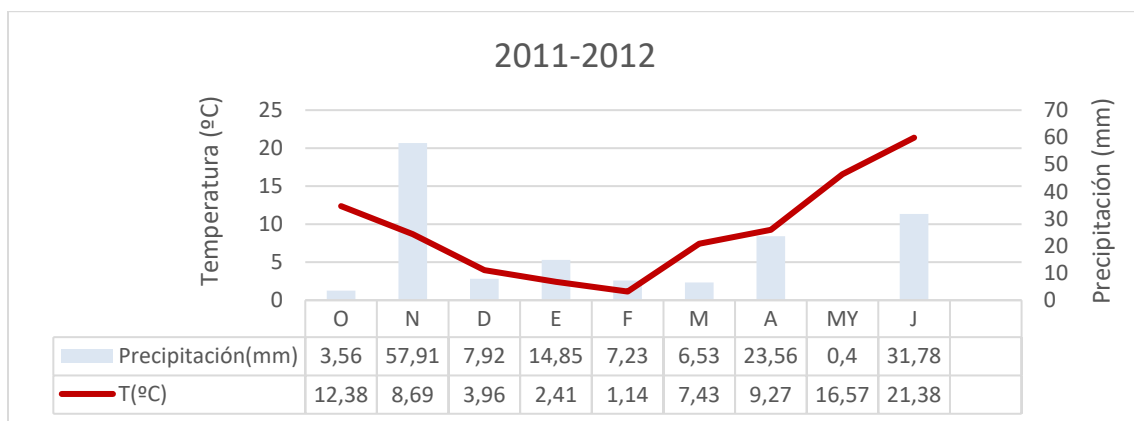
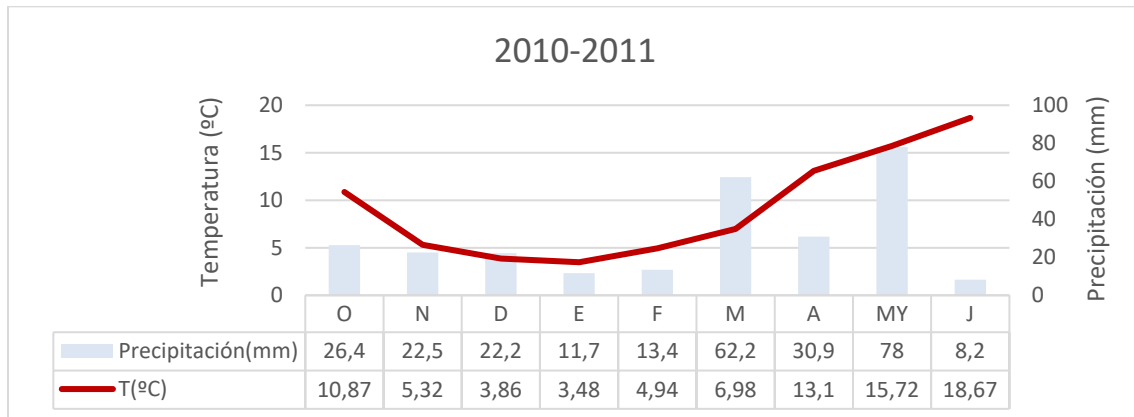
7.3.3. Climogramas Tauste (2010-2019)

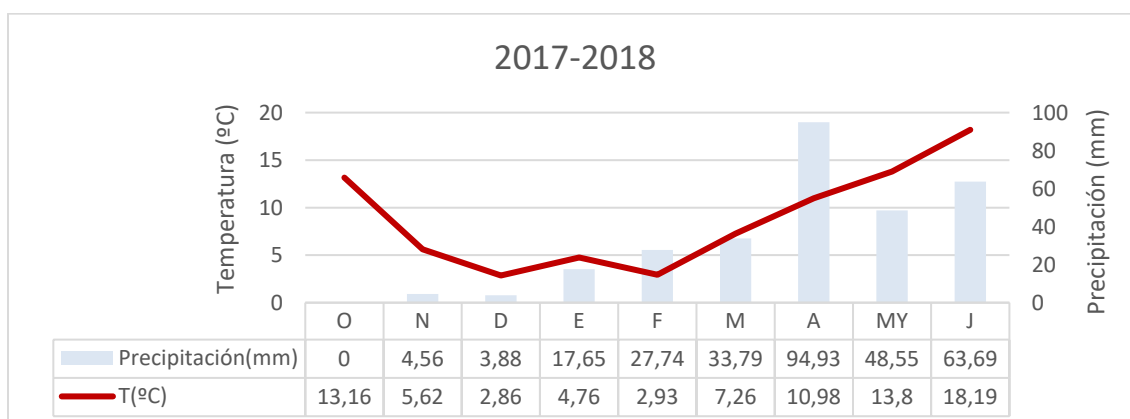
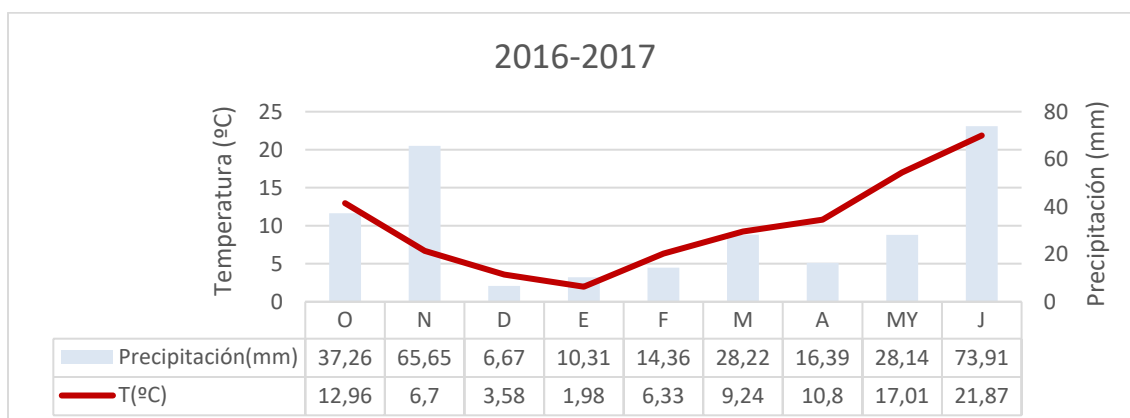
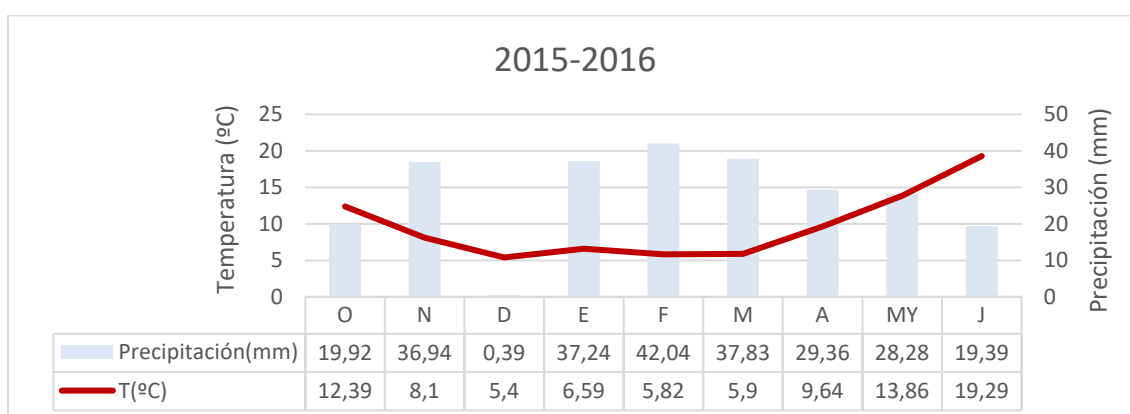
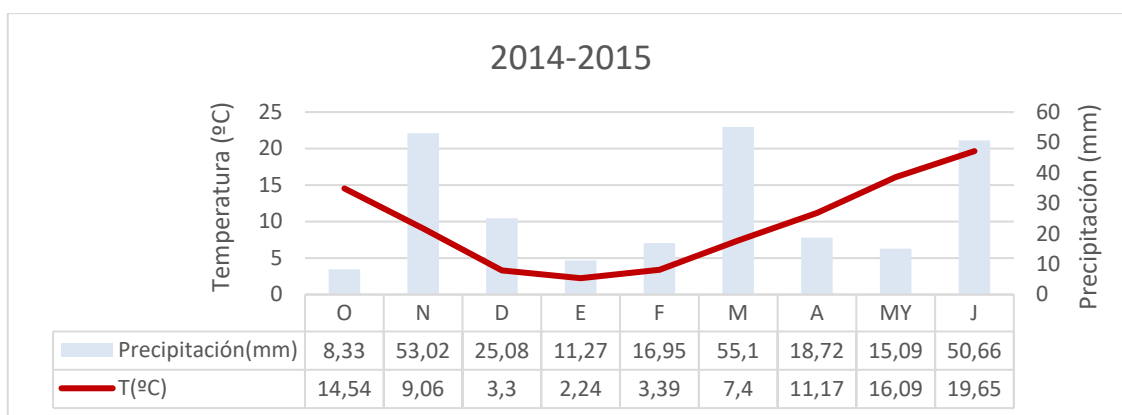


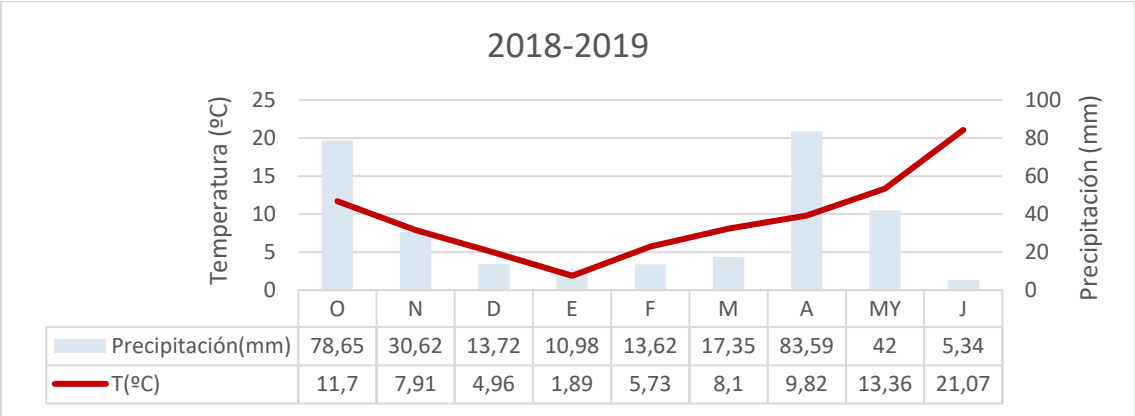




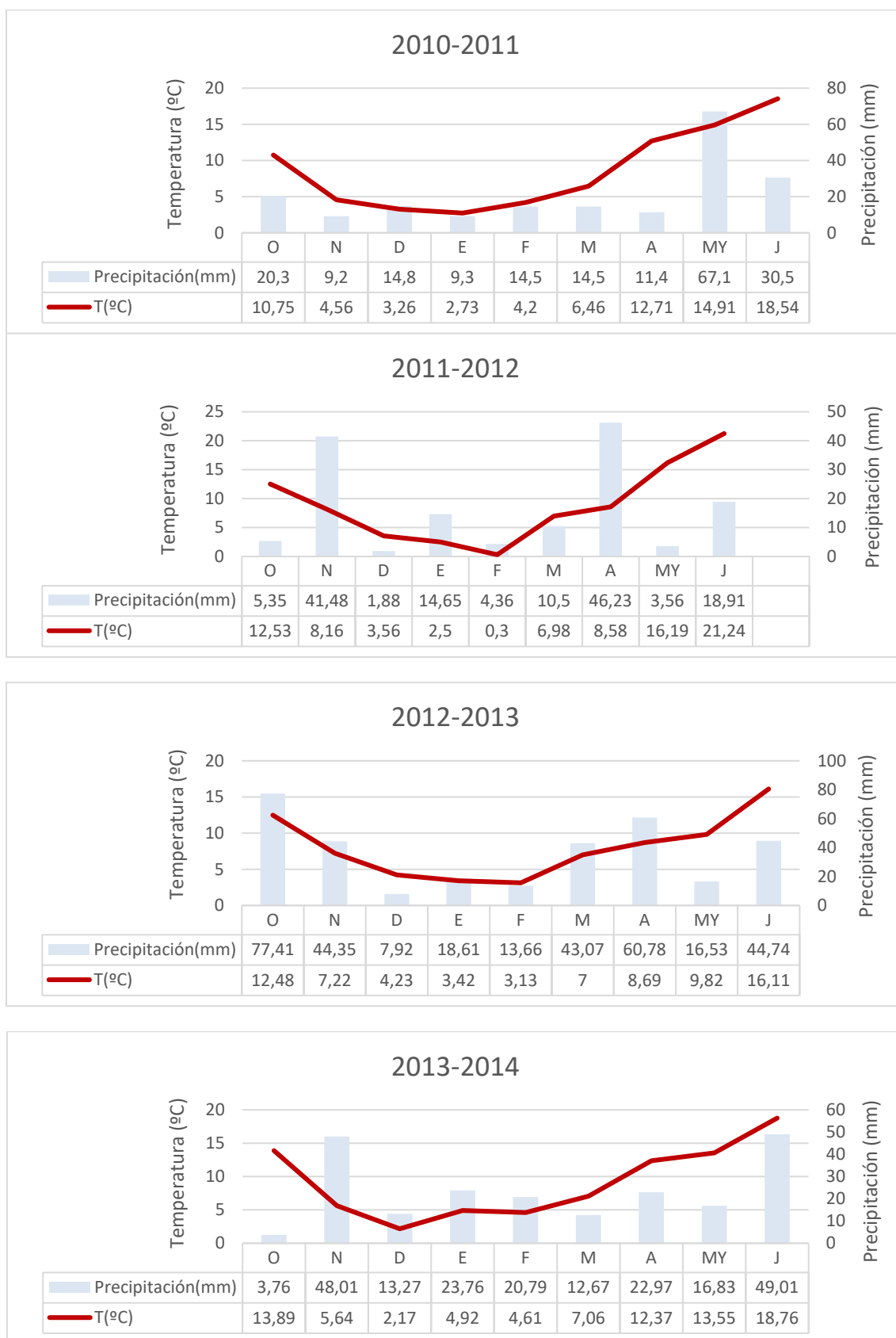
7.3.4. Climogramas Daroca-Used (2010-2019)

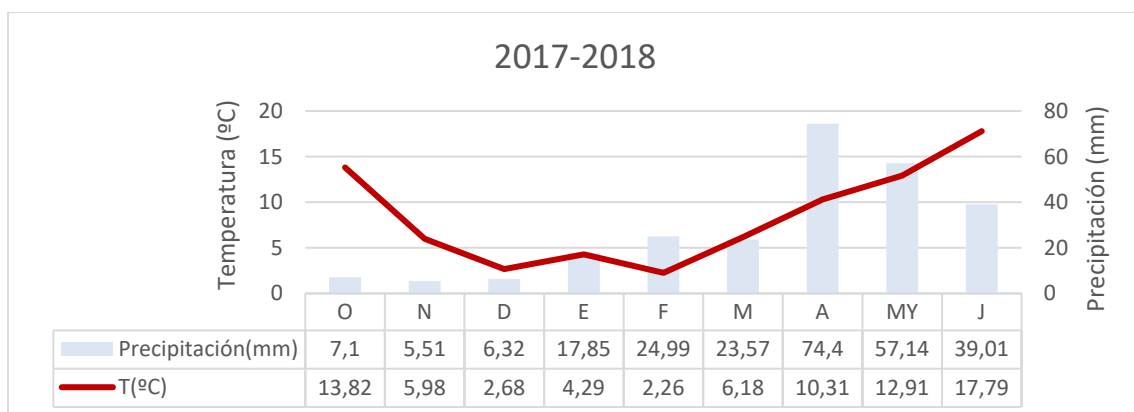
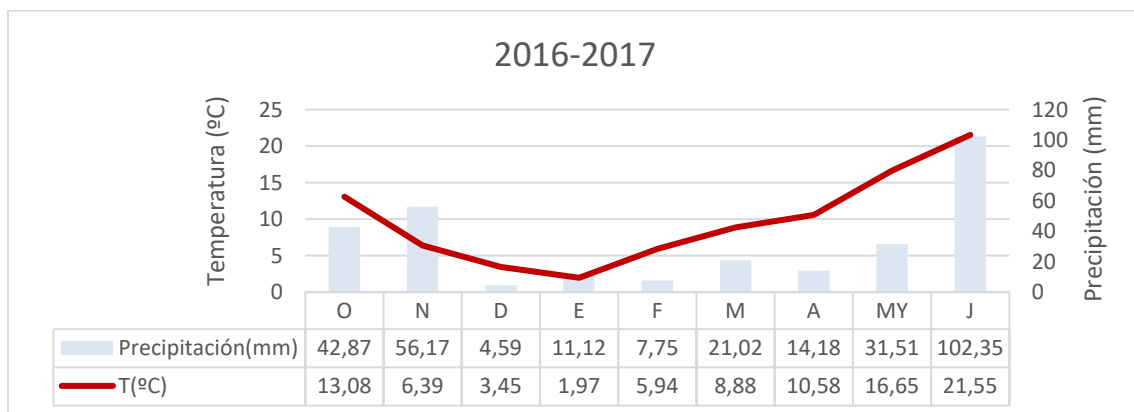
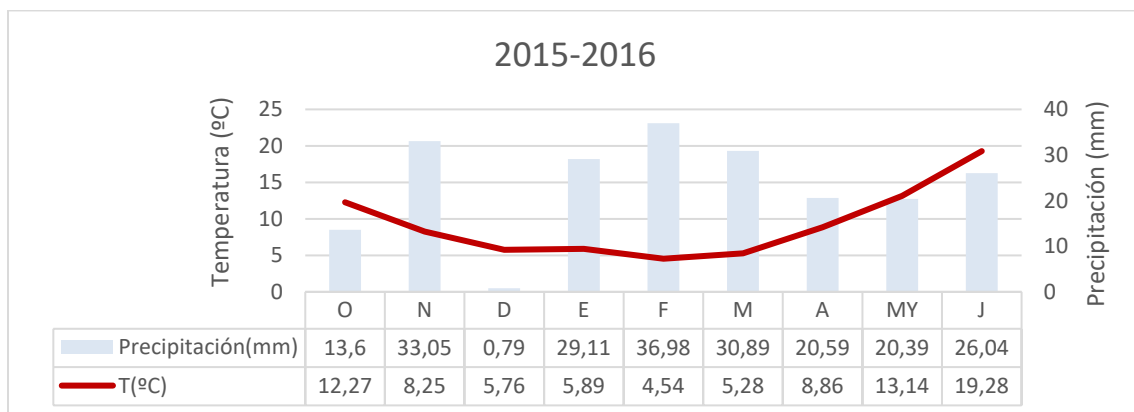
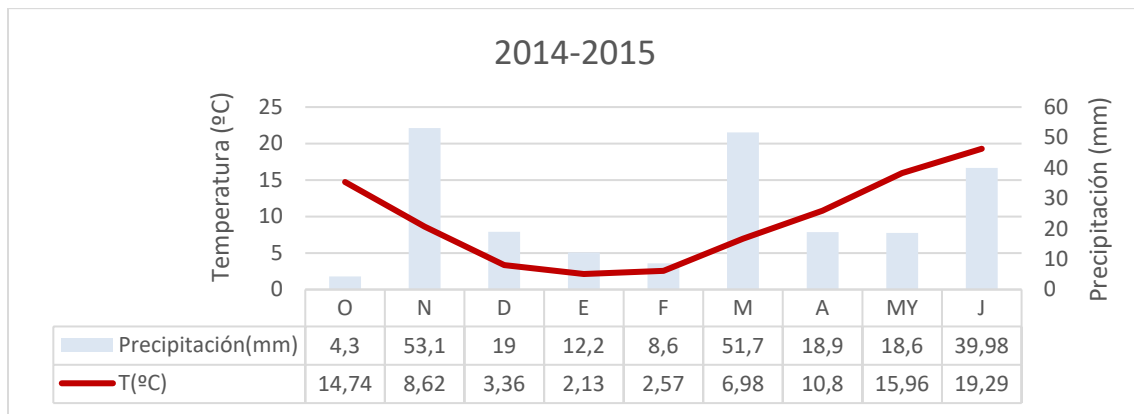


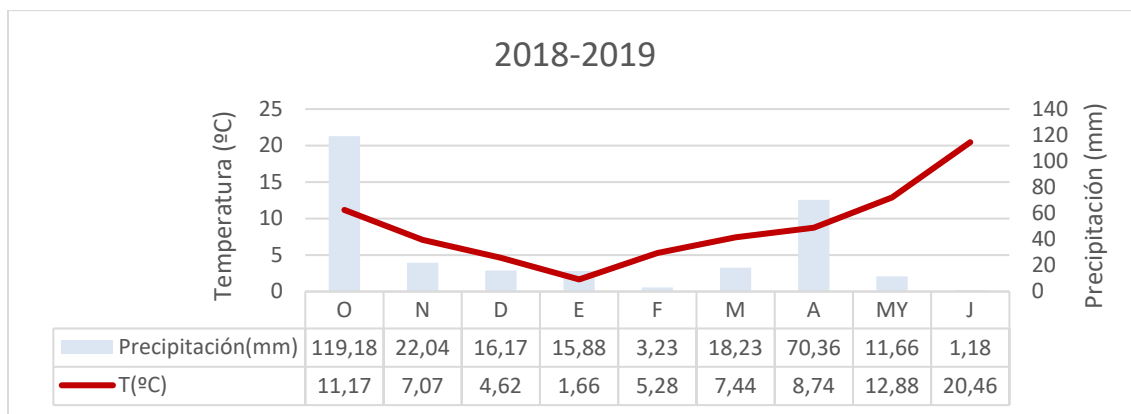




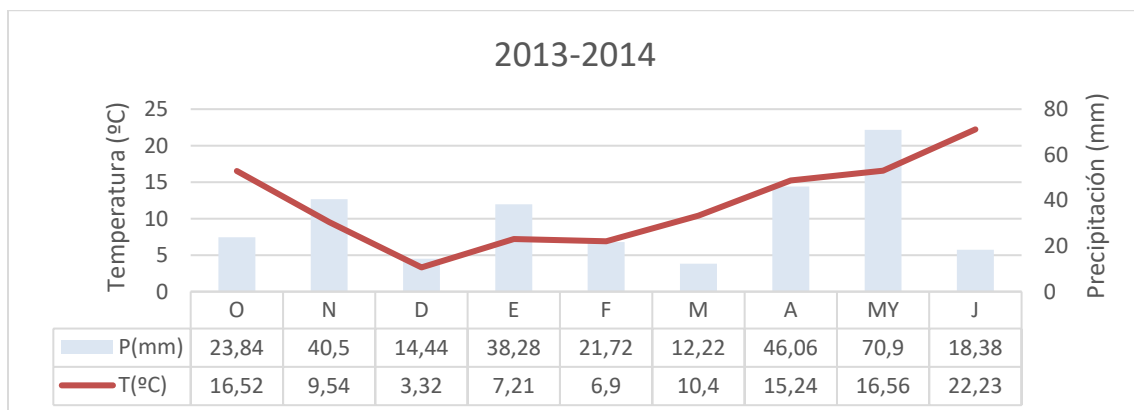
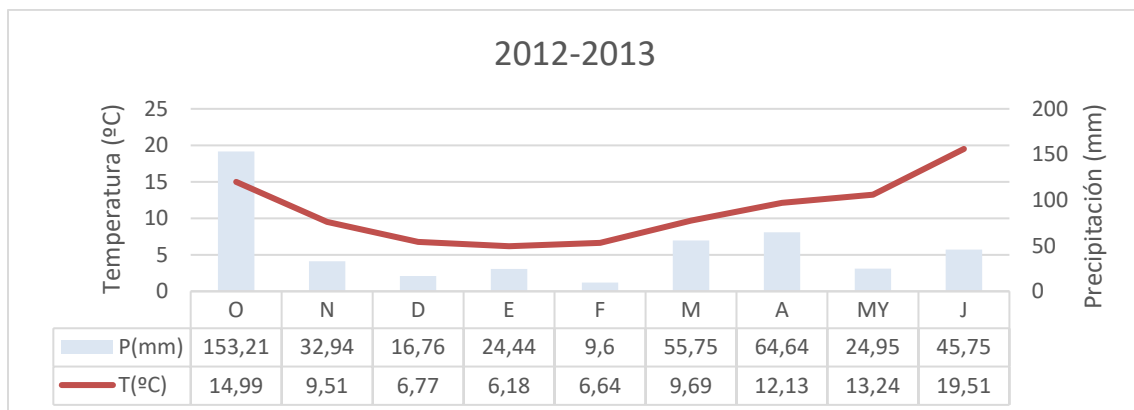
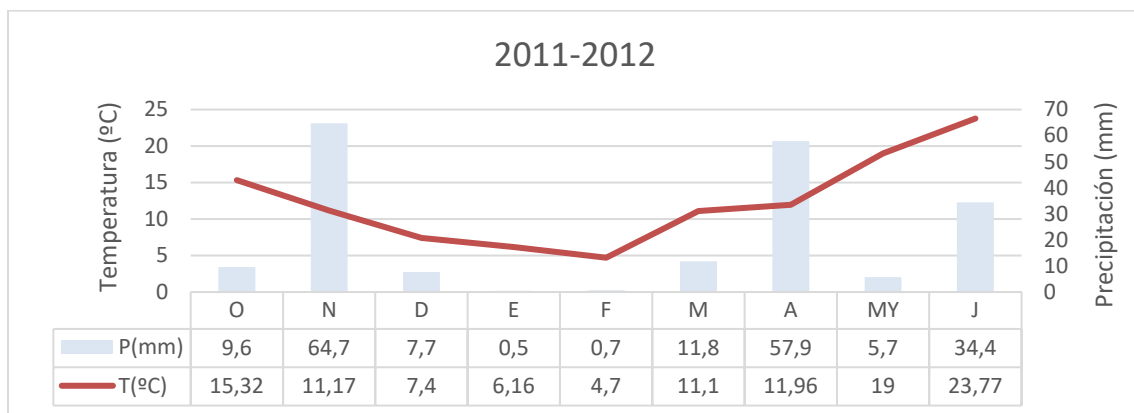
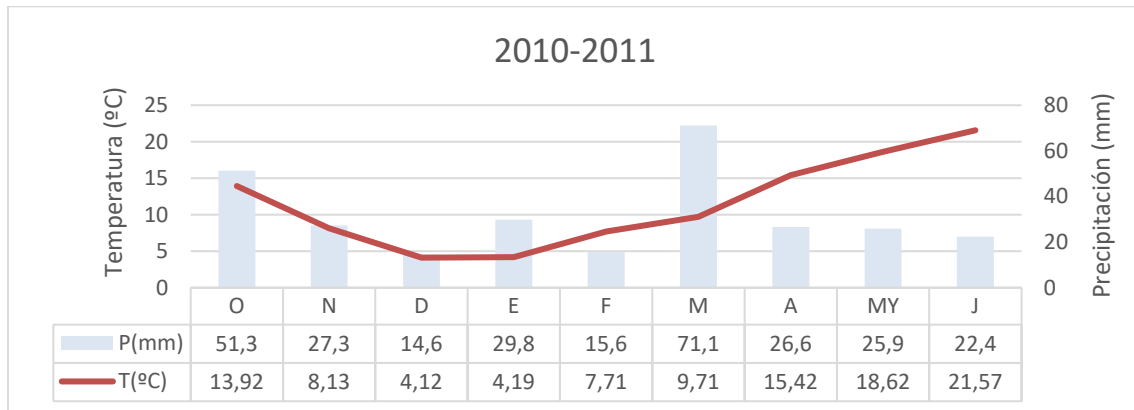
7.3.5. Climogramas Monreal Del Campo-Visiedo (2010-2019)

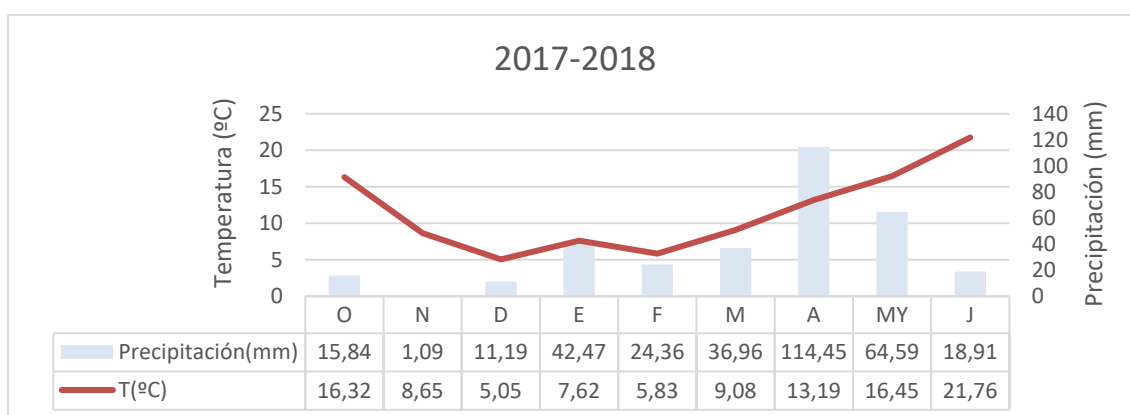
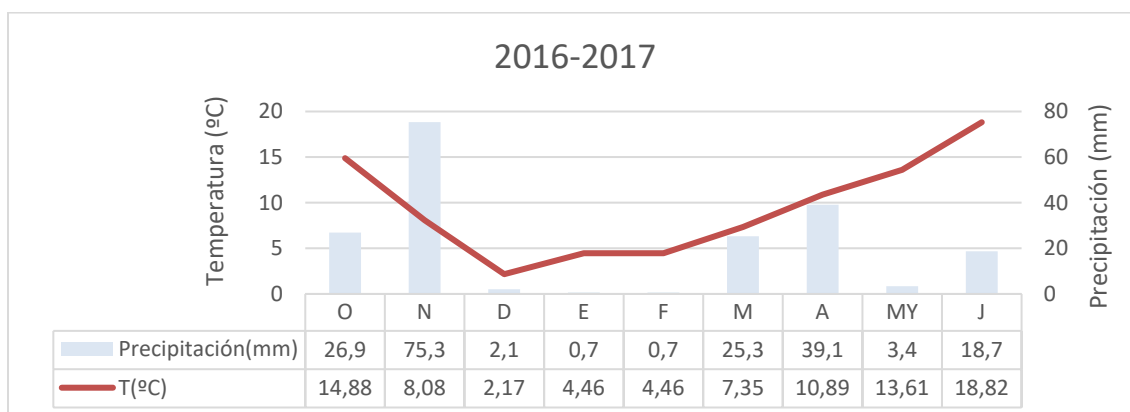
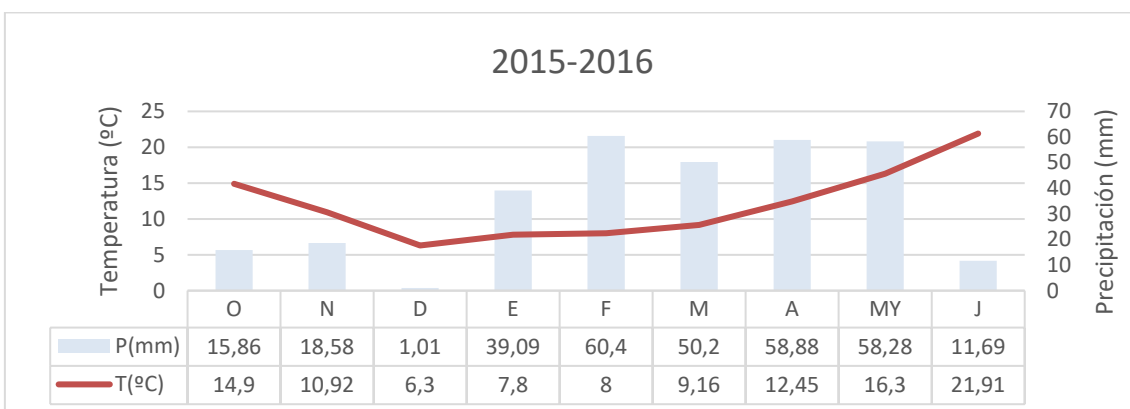
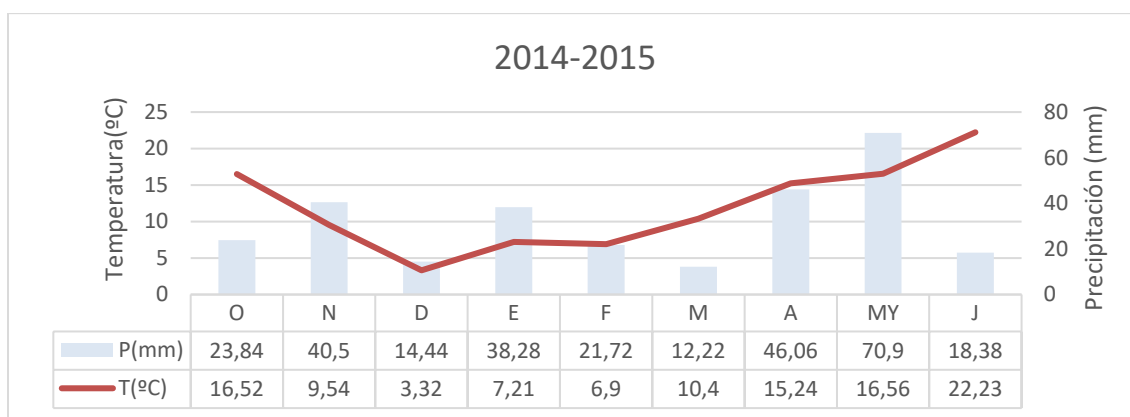


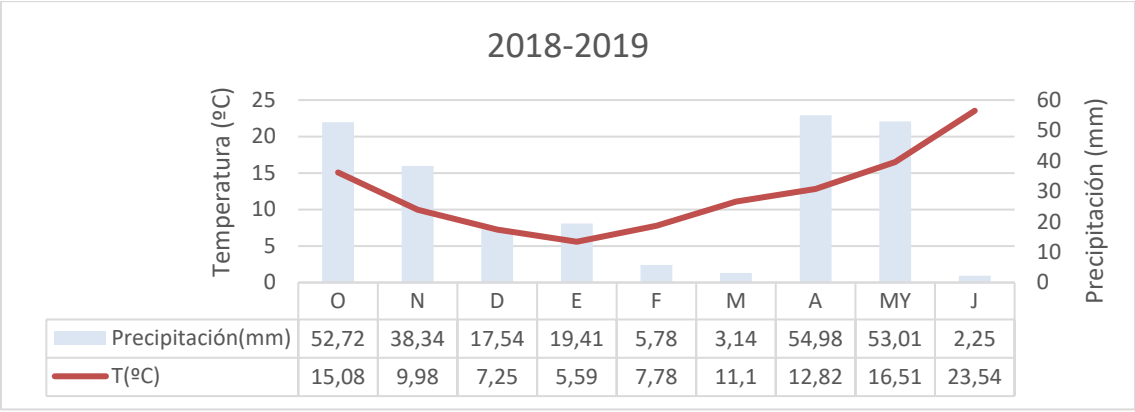




7.3.6. Climogramas Zuera (2010-2019)







7.4. Análisis de varianza y resumen de las comparaciones múltiples mediante el Test de Tukey

7.4.1. Análisis de varianza para el factor Grupo de variedad (Periodos de estudio):

Análisis de varianza (PRODUCCION):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	4	651005221,779	162751305,445	28,345	<0,0001
Error	3631	20848504806,514	5741807,989		
Total corregido	3635	21499510028,293			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Resumen de las comparaciones por pares para GRUPO DE VARIEDAD (Tukey (HSD)):

Categoría	Medias LS(PRODUCCION)	Grupos
4	6240,658	A
3	5996,447	A B
5	5648,700	B C
1	5309,158	C D
2	5092,412	D

7.4.2. Análisis de varianza para el factor localización

7.4.2.1. Jaca

Análisis de varianza (PRODUCCION):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	3	53057759,435	17685919,812	4,710	0,003
Error	344	1291685664,252	3754900,187		
Total corregido	347	1344743423,687			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Resumen de las comparaciones por pares para GRUPO DE VARIEDAD (Tukey (HSD)):

Categoría	Medias LS(PRODUCCION)	Grupos
4	7003,777	A
2	6646,100	A B
5	6376,000	A B
3	6184,824	B

7.4.2.2. Lupiñén

Análisis de varianza (PRODUCCION):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	4	1120210234,254	280052558,563	72,268	<0,0001
Error	766	2968419471,453	3875221,242		
Total corregido	770	4088629705,707			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Resumen de las comparaciones por pares para GRUPO DE VARIEDAD (Tukey (HSD)):

Categoría	Medias LS(PRODUCCION)	Grupos
4	6972,454	A
3	6345,527	B
5	5527,885	C
1	4019,791	D
2	3931,672	D

7.4.2.3. Tauste

Análisis de varianza (PRODUCCION):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	4	477669749,764	119417437,441	35,485	<0,0001
Error	716	2409538124,736	3365276,711		
Total corregido	720	2887207874,499			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Resumen de las comparaciones por pares para GRUPO DE VARIEDAD (Tukey (HSD)):

Categoría	Medias LS(PRODUCCION)	Grupos
4	8584,754	A
5	7025,348	B
3	6978,486	B
2	6565,148	B C
1	6256,309	C

7.4.2.4. Used

Análisis de varianza (PRODUCCION):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	4	110160850,385	27540212,596	11,771	<0,0001
Error	696	1628364075,025	2339603,556		
Total corregido	700	1738524925,409			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Resumen de las comparaciones por pares para GRUPO DE VARIEDAD (Tukey (HSD)):

Categoría	Medias LS(PRODUCCION)	Grupos
1	4463,774	A
3	4386,211	A
5	4177,129	A
2	4119,125	A
4	3475,249	B

7.4.2.5. Visiedo

Análisis de varianza (PRODUCCION):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	4	9263433,795	2315858,449	1,568	0,182
Error	404	596749689,565	1477103,192		
Total corregido	408	606013123,359			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Resumen de las comparaciones por pares para GRUPO DE VARIEDAD (Tukey (HSD)):

Categoría	Medias LS(PRODUCCION)	Grupos
1	3351,600	A
3	3236,221	A
5	3185,702	A
2	3088,968	A
4	2933,887	A

7.4.2.6. Zuera

Análisis de varianza (PRODUCCION):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	4	135738586,147	33934646,537	10,302	<0,0001
Error	681	2243195129,593	3293972,290		
Total corregido	685	2378933715,739			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Resumen de las comparaciones por pares para GRUPO DE VARIEDAD (Tukey (HSD)):

Categoría	Medias LS(PRODUCCION)	Grupos
1	8409,635	A
4	7779,320	A B
5	7315,754	B C
3	7084,274	C
2	6891,406	C

7.4.3. Análisis de varianza para cada Grupo de Variedad (Periodo de estudio) en las diferentes Localidades:

7.4.3.1. Grupo de variedad 1 (Periodo de estudio) 1985-1989

Análisis de varianza (PRODUCCION):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	4	937183400,229	234295850,057	82,597	<0,0001
Error	349	989984098,912	2836630,656		
Total corregido	353	1927167499,141			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Resumen de las comparaciones por pares para cada LOCALIDAD (Tukey (HSD)):

Categoría	Medias LS(PRODUCCION)	Grupos
ZUERA	8409,635	A
TAUSTE	6256,309	B
USED	4463,774	C
LUPIÑEN	4019,791	C D
VISIEDO	3351,600	D

7.4.3.2. Grupo de variedad 2 (Periodo de estudio) 1990-1998

Análisis de varianza (PRODUCCION):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	1185387394,978	237077478,996	101,270	<0,0001
Error	560	1310982980,105	2341041,036		
Total corregido	565	2496370375,083			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Resumen de las comparaciones por pares para LOCALIDAD (Tukey (HSD)):

Categoría	Medias LS(PRODUCCION)	Grupos
ZUERA	6891,406	A
JACA	6646,100	A
TAUSTE	6565,148	A
USED	4119,125	B
LUPIÑEN	3931,672	B
VISIEDO	3088,968	C

7.4.3.3. Grupo de variedad 3 (Periodo de estudio) 1999-2008

Análisis de varianza (PRODUCCION):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	1904947254,346	380989450,869	121,185	<0,0001
Error	1174	3690911957,396	3143877,306		
Total corregido	1179	5595859211,742			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Resumen de las comparaciones por pares para LOCALIDAD (Tukey (HSD)):

Categoría	Medias LS(PRODUCCION)	Grupos
ZUERA	7084,274	A
TAUSTE	6978,486	A
LUPIÑEN	6345,527	B
JACA	6184,824	B
USED	4386,211	C
VISIEDO	3236,221	D

7.4.3.4. Grupo de variedad 4 (Periodo de estudio) 2009-2019

Análisis de varianza (PRODUCCION):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	4952290254,998	990458051,000	285,970	<0,0001
Error	1203	4166593920,919	3463502,844		
Total corregido	1208	9118884175,917			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Resumen de las comparaciones por pares para LOCALIDAD (Tukey (HSD)):

Categoría	Medias LS(PRODUCCION)	Grupos
TAUSTE	8584,754	A
ZUERA	7779,320	B
JACA	7003,777	C
LUPIÑEN	6972,454	C
USED	3475,249	D
VISIEDO	2933,887	D

7.4.3.5. Grupo de variedad 5 (Periodo de estudio) Variedades Testigo

Análisis de varianza (PRODUCCION):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	730744347,339	146148869,468	47,897	<0,0001
Error	321	979479197,291	3051337,063		
Total corregido	326	1710223544,630			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Resumen de las comparaciones por pares para LOCALIDAD(Tukey (HSD)):

Categoría	Medias LS(PRODUCCION)	Grupos
ZUERA	7315,754	A
TAUSTE	7025,348	A
JACA	6376,000	A B
LUPIÑEN	5527,885	B
USED	4177,129	C
VISIEDO	3185,702	D

7.5. Gráficos adicionales

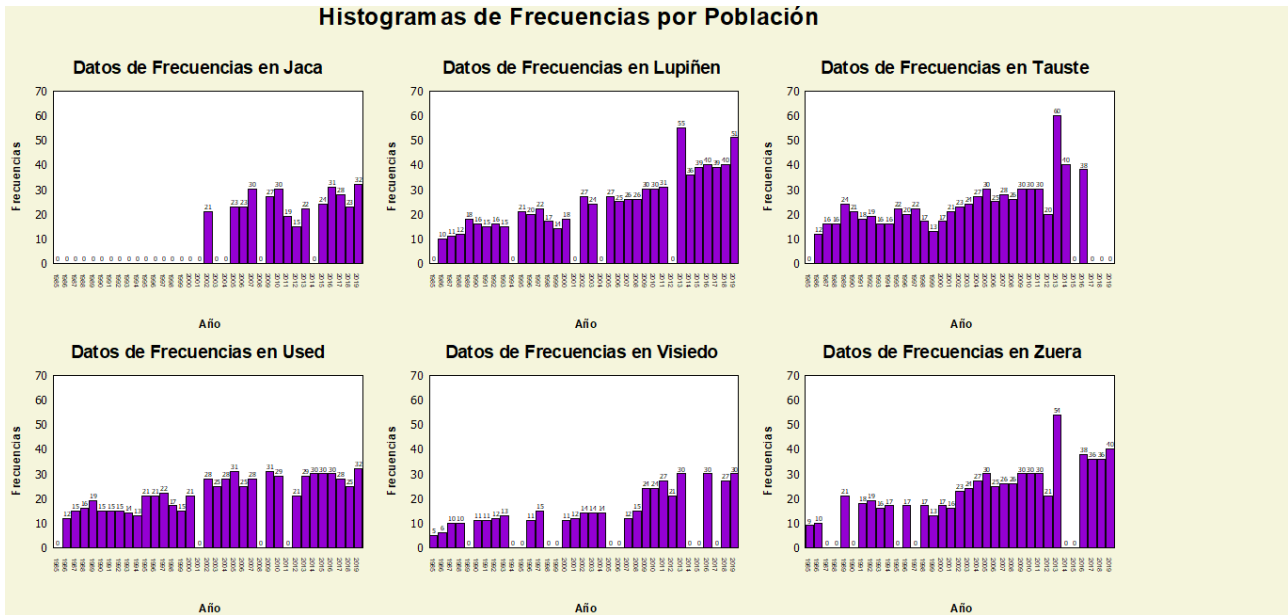


Figura A1. Histograma de frecuencias por año y localidad.

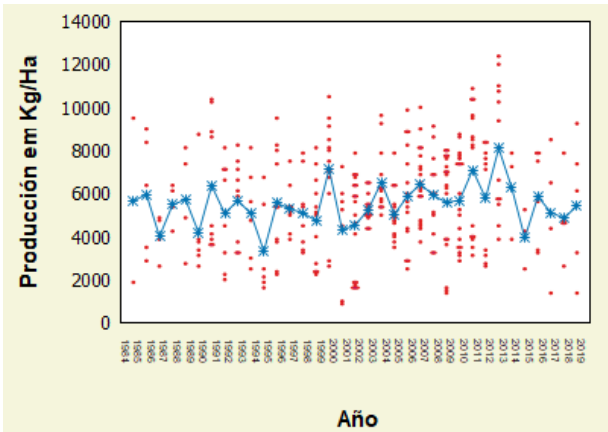


Figura A2. Evolución temporal de los rendimientos para las variedades testigo.

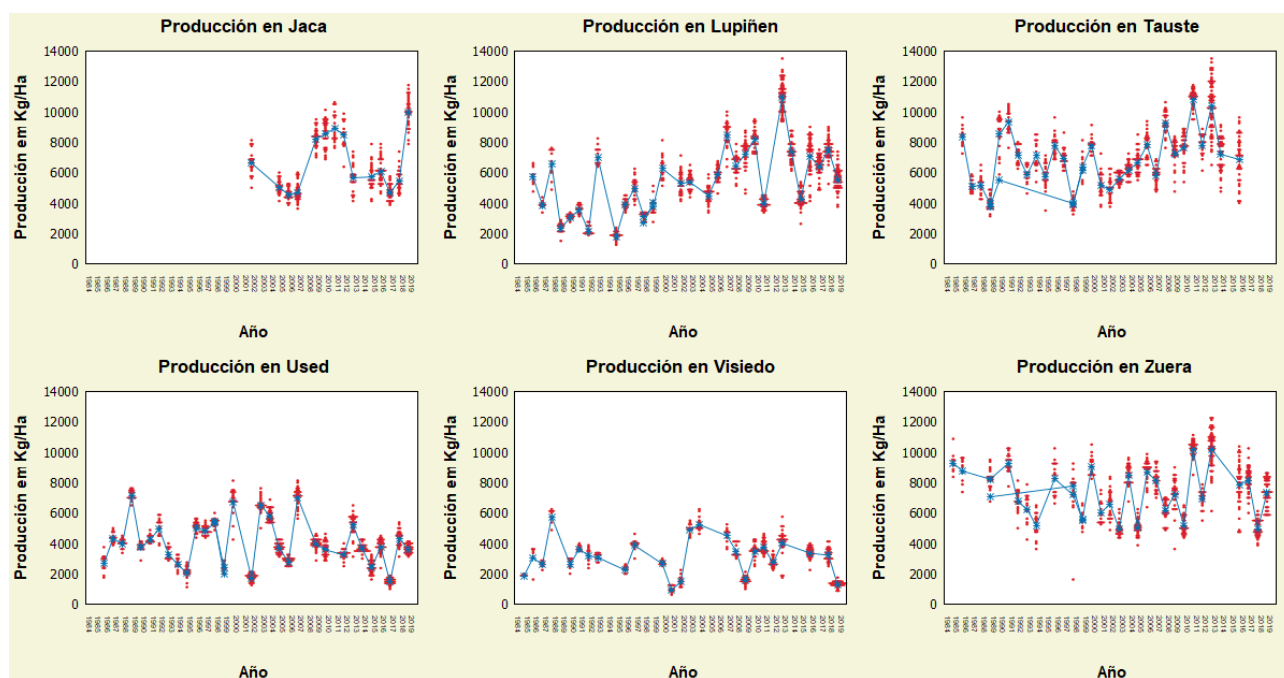


Figura A3. Evolución temporal de los rendimientos en cada localización.